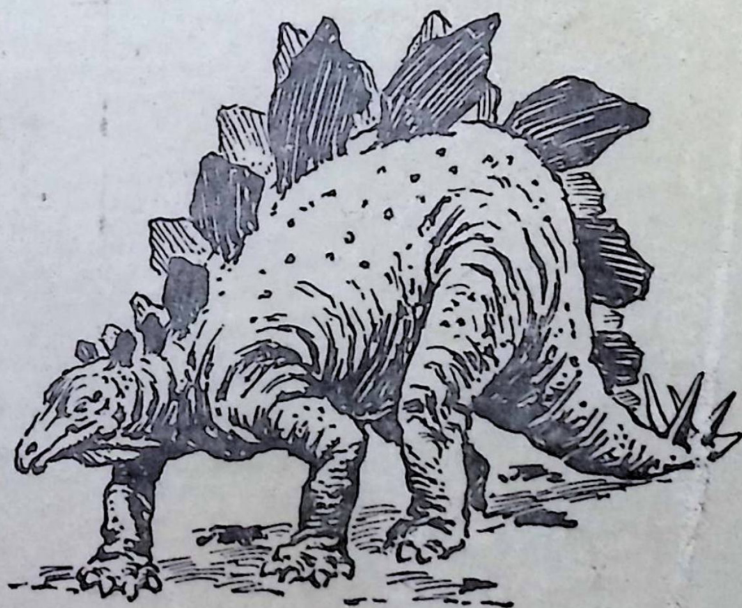


A TERMÉSZET VILÁGA

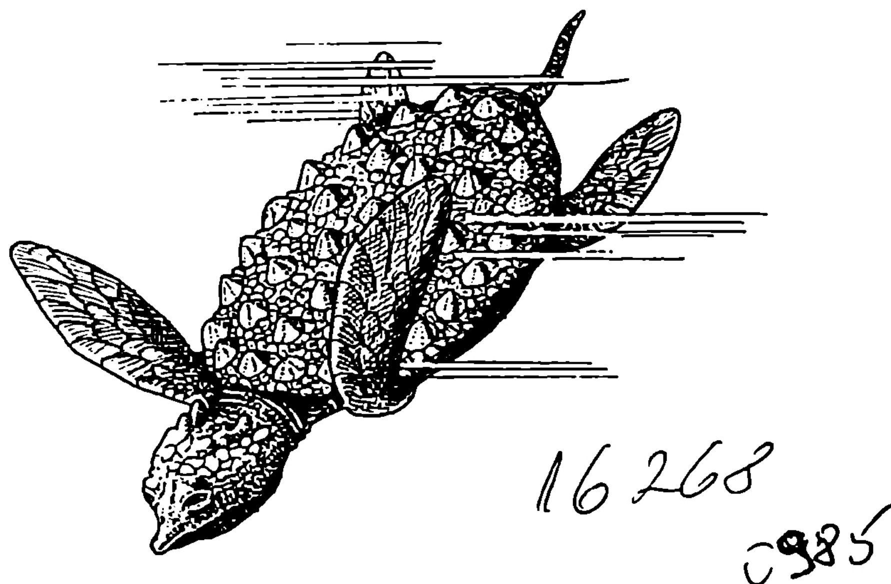
AZ ÉLŐVILÁG FEJLŐDÉSTÖRTÉNETE

MUNKATÁRSAK:
ANDREÁNSZKY GÁBOR, BOGSCH LÁSZLÓ,
KISZELY GYÖRGY, KRETZOI MIKLÓS,
TASNÁDI KUBACSKA ANDRÁS

GONDOLAT KIADÓ
BUDAPEST, 1964

AZ ÉLŐVILÁG FEJLŐDÉSTÖRTÉNETE

SZERKESZTETTE:
TASNÁDI KUBACSKA ANDRÁS



GONDOLAT KIADÓ
BUDAPEST, 1964

RAJZOLÓ MUNKATÁRSAK:

BÓK ÉVA, ENDRŐDY-YOUNGA SEBŐ, KÁKAY SZABÓ ORSOLYA,
LÁNYI IMRÉNÉ, LŐRINCZNÉ BAGI ZSUZSA,
NÉMETHNÉ FARAGÓ KLÁRA

Első rész

A FÖLDI ÉLET KELETKEZÉSE

Írta:

Kiszely György



BEVEZETÉS

Az élőlények végtelenül változatos sokaságában az ember tudatos gondolkodásával különleges helyet foglal el. Az ember a környezetét és annak jelenségeit nemcsak észreveszi, megfigyeli, hanem megismerni is törekszik. A hálója sarkában ülő pók „észreveszi", ha hálója rezdülése jelzi, hogy valami fennakadt benne; a legelésző őz a legkisebb gyanús mozgásra, szagra, zajra felkapja a fejét és „figyel"; a majom a kezeügyébe eső tárgyat kíváncsian nézegeti, szagolgatja, kóstolgatja, szétszedi. A környezettel és annak változásaival kapcsolatos reakciók sorában a magasabbrendű állatok közt egyre határozottabban felismerhető a kíváncsiság, sőt egyes állatok kíváncsisága közmondásos. Vajon ez az állati tulajdonság azonos-e az emberi kíváncsisággal? Bizonyára nem, mert az állati kíváncsiság nem az események, jelenségek okát kereső tudatos tevékenység, ezért nem is eredményez megismerést, elvonatkoztatást. Az emberi megismerés nem egyszerű kíváncsiságból fakad, hanem tudásvágyból, amely elvonatkoztatott okok megismerését is lehetővé teszi. Már a gyerek kíváncsisága is a kérdések özönét indítja meg, vagy olyan tettekre sarkallja a gyermeket, hogy közvetlen tapasztalással tudhassa meg valaminek az okát. A „miért", „meddig", „mióta", „hogyan", „hová", „honnan" — az emberi kíváncsiság jellemző elvonatkoztató kérdései. A gyermek a babát, a játékmozdonyt azért töri össze, azért szedi szét, hogy megtudja, mi van benne.

A gyermek viselkedése a legfőbb közvetett bizonyítékunk arra, hogy a *tudásvágy* egyidős az emberiséggel. Ez ösztönzi ősidők óta az embert arra, hogy az események, jelenségek okát kutassa; ez a magyarázata a tudományok megszületésének, és ez a titka annak, hogy az ember a természetet a maga szolgálatába tudja kényszeríteni.

Az ember először csak a természet véletlenül eléje táruló eseményeit, jelenségeit figyelte, és azok vélt vagy valódi összefüggéseit kereste. Később céltudatosan irányította figyelmét azokra, és évezredek alatt szerzett tapasztalatai segítségével egyre mélyebben hatolt a jelenségek, a tények mélyére, hogy azok okát is megtalálja. A tudásvágytól egyenesen vezet az út a tudományos kutatás felé, ámde ez az út hosszú és nehéz.

A természet megismerését szolgáló tudományok fejlődésére jellemző, hogy évezredes múltjukban az első *átfogó eredményeket* tulajdonképpen csak az utóbbi évszázadokban, sőt mondhatnánk: főleg az utóbbi száz évben érték el. Ennek legfőbb oka, hogy a természet jelenségeinek megismerésében a kísérletet, magyarázatában pedig a dialektikát mint módszert alig, vagy egymástól elszakítva alkalmazták. Igen nagy akadályt jelentett az a természetszemlélet is, amely az anyagot, a természetet nem olyannak látta, amilyen, hanem ahhoz többnyire hozzátett valamit, ami nincs, vagy nem látott meg valamit, ami van. Más szóval a természetszemlélet nem volt materialista, pedig az anyagvilág megismerésére irányult.

A természettudományos ismeretanyag — a megfigyelések, tapasztalatok, gyakorlati szükségletek adta feladatok megoldása során nyert eredmények évezredes halmozódása — előbb-utóbb a tudományos megismerés útjára vezette az embert, aki meglátta a törvényszerűségeket, és ha nem látott tisztán vagy nem tudott közvetlenül bizonyítani, akkor elméleteket alkotott. Az elmélet birtokában a jelenségek magyarázatát kísérelte meg, és közben gyakran új megismerésekre jutott, amelyek az elmélettel már nem voltak egyeztethetők. Ez utóbbi esetben az elmélet megdőlt, de az újabb elmélethez már együtt voltak az új tények. A valóban tudományos elmélet alapját a természet törvényszerűségeinek meglátása alkotja, de éppen ezért az elmélet folyton bővül, módosul, miközben újabb és újabb megismeréshez vezeti az embert.

Nem véletlen, hogy az élettelen természet megismerése — a csillagos ég, a fizika, a kémia törvényeinek meglátása — hamarabb megtörtént, mint az élő természet bonyolult jelenségeinek megértése és magyarázata. Minden élőlény jellemző individualitása, viselkedésének bonyolult célszerűsége, testének és életműködésének bámulatos organizáltsága merőben más, — több, mint az élettelen világ bármely tárgya vagy folyamata. Ha izgatta az ember tudásvágyát az élettelen természet, százszor inkább bámulta az élő világot, de mivel itt az élettelen természetről nyert ismereteivel alig tudott boldogulni, számára legésszerűbb volt annak feltételezése, hogy az élőben az anyagon felül különleges erő: életerő működik. Ez az elmélet azonban csak zsákutcába vihette a tudományt az élő természet megismerése felé vezető úton.

Ahhoz, hogy az élet valódi törvényszerűségei is feltáruljanak az ember előtt, először olyan alaposan és részletesen kellett megismernie az élettelent, magát az anyagot, hogy megérthesse az élő és élettelen anyagvilág egységének és nagy különbségének ellentmondását. Ez teszi érthetővé, hogy az élő természet tudománya, a biológia tulajdonképpen csak alig 100—150 éves múltra tekinthet vissza. A biológia legfontosabb kérdéseire csak azóta tudunk válaszolni, illetve azóta vannak olyan elméletek, amelyek kiállják a tudományos kritikát, amióta egyéb természettudományok lerakták az alapokat e kérdések megválaszolásához.

Az élő természet bonyolult jelenségeire ősidők óta volt az embernek valamilyen elképzelése, de bizonyára számos jelenség elkerülte a figyelmét, vagy megelégedett olyan magyarázatokkal, amelyek primitív természetszemléletéből fakadtak. Bizonyos, hogy már ősidőkben felvetődött az élet eredetének a kérdése is. Nem vitatható, hogy éppen az élet eredetének, keletkezésének kérdése a legalapvetőbb az élő természetre vonatkozó kérdések közt, — de talán a legnehezebb is. Hogyan is lehet az élet eredetéről beszélni, ha nem tisztázzuk előbb: mi is az élet? Azután hogyan kísérelhetjük meg az élet keletkezése titkát megközelíteni, ha nem tudjuk, miből is épülnek fel az élőlények, mi a szerkezetük és hogyan működnek, miben áll az életjelenségek bonyolult folyamata? Továbbá felvetődik a gondolat: vajon mióta van élet, ha egyáltalán keletkezett valaha és nem öröktől fogva van? Végül mi hozta létre az életet itt a Földön, és lehetséges-e, hogy másutt is van élet?

A következőkben kövessük azt a történelmi folyamatot, amelynek során a fenti kérdésekre az ember korának és társadalmi berendezettségének megfelelő gondolkozásmóddal, természetszemlélettel és tudományos ismeretekkel válaszolni igyekezett. Látni fogjuk, évezredek teltek el, amíg az ember rájött arra, hogy az élet eredetével kapcsolatos kérdések külön-külön nem tisztázhatók, azok szorosan összefüggenek. Az élet mibenléte nem határozható meg az élő anyag kémiai ismerete nélkül; a kémiai struktúra kialakulása nem érthető meg az anyag általános tulajdonságaira vonatkozó ismeretek hiányában; a szerves formák kialakulásának magyarázatához a biológia törvényeinek ismerete szükséges.

METAFIZIKUS MAGYARÁZATOK ÉS AZ ŐSNEMZÉSTAN

Már az ókor mágikus, misztikus gondolkozású embere számára is legkielégítőbbnek látszott az a magyarázat, hogy az élet a természet fölött álló erő vagy hatalom közvetlen teremtő aktusa révén jött létre. Ez a természetfölötti erő nyilvánul meg abban a különbségben is, amely az élőt az élettelentól elválasztja, és amely az élőben mint „életerő" működik. A teremtés aktusa — mint az élet eredete — minden ókori és újabb vallásrendszerben megtalálható. Mivel azonban e gondolkodás szerint az, ami az anyag felett van, attól függetlenül létezik, nem ismerhető meg — ilyen természetszemlélet mellett a tudomány számára az élet kérdése hozzáférhetetlen. A metafizikus magyarázatok közt egyes ókori görög filozófusok felvetették azt az elképzelést, hogy az élet — a természet öröktől fogva meglevő alapjelensége.

Már az ókorban felbukkant azonban a materialista természetszemlélet is, különösen a görög természetfilozófiában, amelynek egyik jellemző tulajdonsága, hogy a természetet úgy fogta fel, mint ami fejlődött, „a káoszból" keletkezett. Ennek megfelelően az élet eredetét is magára az anyagra, a vízre, az iszapra vezették vissza, magában az anyagban rejlő spontán fejlődés feltételezése alapján. Így szinte a teremtés elméletével egy időben bukkant fel az ősnemzés tana *(generatio spontanea)*. Eszerint az élőlények — kedvező körülmények között — spontán keletkezhetnek magából az élettelen anyagból. Ehhez az elgondoláshoz illeszkedik az a lényegében dialektikus filozófiai tétel, amelynek első hirdetője *Hérakleitosz* volt, s amely szerint a természetben minden változik, keletkezik, átalakul, elmúlik. Az élettelen iszapból vízi élőlények, rothadó anyagokból „kukacok", hulladékból, porból bolhák, egerek jöhetnek létre. Ezeket az állításokat a hibás és kritika nélküli megfigyelés látszólag igazolja is, ezért nem csodálatos, hogy ezeket csak a XVIII. században sikerült kísérletekkel megcáfolni. Mindenesetre szólásmondások ma is kifejezik ezt a mechanisztikus kezdetleges elképzelést: rendetlen, piszkos lakásban „megterem" a bolha, poloska, egér; a gondozatlan, piszkos ember hajában a tetű stb.

Az ősnemzés tana, amely az élettelen anyagban önmagától végbemenő folyamatra vezeti vissza az élő keletkezését — azzal, hogy az élettelen és élő közt olyan ugrásszerű minőségi változást képzel el, amely az élettelen, szervetlen anyagból a magasfokú szerveződés tulajdonságaival bíró bonyolult élőlény: rovar, vagy éppen emlősállat közvetlen kialakulására vezet —, nyilvánvalóan helytelen. Hiába rejti magában a materialista gondolatot (az élő és élettelen elvi egységét, sőt a fejlődés gondolatát is), mechanisztikus volta ideológiailag helytelen és kísérleti természettudományos alapon könnyen cáfolhatóvá teszi. Az ősnemzéstant végül is a múlt század végén *Pasteur* híres kísérletei döntötték meg, bebizonyítva, hogy a legkiválóbb, de előzőleg sterilizált és külvilágtól tökéletesen elzárt baktériumtáptalajban nem képződnek még olyan kezdetleges élőlények sem, mint a baktériumok.

Ha azonban az élők nem teremtés útján jöttek létre, s az élettelenből sem keletkeztek, akkor csak harmadik lehetőség van: az élet öröktől fogva meglevő kozmikus jelenség, és legfeljebb azon lehet vitatkozni, hogy hogyan jutott a Földre. Valóban az élet keletkezésével kapcsolatban a múlt század végén olyan elméletek láttak napvilágot, amelyek szerint az élet a Földön a világűr „életcsíráiból" keletkezett. Ezek az elgondolások azonban — éppen a modern ismeretek alapján — megcáfolhatók. A világűrben nincsenek „életcsírák", bár egyáltalán nem lehetetlen, hogy más égitesten van élet. Élőlény azonban „magától" vagy meteroritokban Földünkre nem juthat, mert a világűr gyilkos sugárzó energiái, vagy a légkörbe érkezéskor fejlődő óriási hő megsemmisítenének minden ilyen védtelen élőt. Érdekes azonban itt rámutatnunk arra, hogy éppen a kérdés tisztázása az űrhajókkal, mesterséges bolygókkal kapcsolatban tudományos szükséglettéteszi, hogy minden világűrbe juttatott rakétát gondosan sterilizáljanak, nehogy a Földről más égitestre juttatott mikroorganizmusok — kedvező feltételek közé jutva — a későbbi ilyen irányú vizsgálatok alkalmával félrevezessék a kutatókat.

Az élet eredetének kérdésében a tudomány évezredekig nem juthatott előre, mert az első alapvető kérdés: az élet lényegének, mibenlétének tisztázása nélkül, rögtön az élet eredetének kérdését akarta vizsgálni.

Mi az élet?

Ugyancsak az ókor óta számos filozófus és tudós kísérelte meg, hogy erre a kérdésre válaszoljon, de mindaddig, amíg az élőlények szerkezete, anyagi összetétele nem tisztázódott — a felelet elmaradt. *Arisztotelész*től *Leonardo da Vinci*ig és *Bichat*tól *Claude Bernard*ig sokan tették fel a kérdést: mi az élet? De csak hasonlatokhoz jutottak, vagy körülírással igyekeztek közelebb jutni a megoldáshoz. Annyi bizonyos, hogy minél modernebb korban élt az illető, annál többet tudhatott az életről, és meghatározása is annál inkább közeledett a tudományosan elfogadható formához. Kezdetben a filozófiai körülírások és költői hasonlatok is kielégítették a tudósokat, hiszen ők sem mondhattak jobbat. A természettudósok azonban a maguk módján, szívósan, évszázadokon át igyekeztek az élet titkait feltárni.

Arisztotelész szerint az élet lényege olyan *elv* (principium), amelynek célja önmagában rejlik. *Hérakleitosz* (i. e. 400 körül) az életet, meglátva benne a szüntelen mozgást, megújulást, a lánghoz hasonlítja éppúgy, mint csaknem 2000 évvel később *Leonardo da Vinci*. *Baer* (1792—1876) az életet zenei melódiához hasonlítja. A XIX. század vége felé azonban felbukkannak olyan meghatározások, amelyek azt tükrözik, hogy az élet kérdésében a természettudományos ismeretek alapján tisztábban kezdtek látni. *Spencer* (1820—1903) az élet lényegét a folytonos alkalmazkodásban, *Claude Bernard* (1813—1878) az életjelenségekben, tehát funkciókban látja. Végül 1874-ben *Engels* olyan meghatározást ad, amely némi kiegészítéssel ma is helytálló. Ez a meghatározás már az élő anyag kémiai szerkezetének, valamint az életfolyamatok leglényegesebb részleteinek ismeretében született és oly pontosnak mondható, hogy az élet minden lényeges jegyére rámutat. Eszerint: „Az élet a fehérjetestek létezési módja, amelynek lényeges mozzanata a *folytonos anyagcsere a környező külső természettel*, és ennek az anyagcserének megszűnésével megszűnik az élet is és a fehérje felbomlik.* E meghatározás először is lerögzíti, hogy az élet fehérjéhez kötött, de rá-

* *Engels:* A természet dialektikája. Budapest, 1952. 311. old.

mutat, hogy a fehérje még nem jelent életet, mert csak meghatározott „létezési mód" mellett él. Ez a létezési mód az *anyagcsere*, mint alapvető életjelenség. Éppen az anyagcsere, az élő anyag folytonos önmegújulása az, ami alapvetően megkülönbözteti az élőt az élettelentől.

Az élettelen anyag is folytat környezetével „kicserélődési" folyamatot: hőmérséklete emelkedik vagy süllyed (a környezetnek megfelelően); környezete vizében többé-kevésbé oldódik, vagy a vízben oldott részek rárakódnak; oxidálódik vagy kémiai redukció éri; elporlik vagy anyaga folytonosan növekedik. Mindezek a kicserélődési folyamatok azonban önmaguktól sohasem fordulnak vissza, *statikus egyensúlyú* végállapothoz vezetnek, aminek során az anyag eredeti sajátságai megváltoznak: az anyag nem olyan marad, amilyen volt. Ezzel szemben az élőlény anyagcseréjének folytonosságában kétirányú, tehát visszafordítható (és visszaforduló) fizikai és kémiai reakciók során, a környezet folytonos változásai közepette is lényegében mindig ugyanaz marad, megtartja individualitását, *egyensúlya dinamikus.* Az élőlény „viselkedése", a környezettel kapcsolatos reakciói, minden életjelensége végül is az anyagcsere-folyamatokra vezethető vissza.

Hogyan jutott el a természettudomány addig, hogy *Engels* meghatározásához kellő ismereteket nyújtott? Erre röviden a következőkben mutatunk rá.

AZ ÉLŐLÉNYEK MEGISMERÉSÉNEK ÚTJA

Az életet kutató tudományok közül először az fejlődött ki, amely a leggyorsabban ígért sikert, és amely módszereiben legegyszerűbbnek, eredményeiben legjobban ellenőrizhetőnek látszott. Ez a tudomány az élőlények alaki, formai, szerkezeti tulajdonságaival foglalkozó *bonctan*. Az élőlények darabokra szedése, felboncolása, majd a mikroszkóp felfedezése után, a XVIII. század óta már a szemmel nem látható szerkezeti elemek (sejtek, szövetek) vizsgálata sem sokat mondott arról, hogyan működik az a bonyolult „szerkezet", amit élőlénynek nevezünk.

A „szerkezet" megismerése a tudományt határozottan a materialista szemlélet felé terelte, bár éppen a „szerkezet" szó kiemelésével akarjuk hangsúlyozni, hogy ez a megismerés a mechanisztikus materializmus kibontakozásához vezetett. A működés megértéséhez az ókorban (és még később is hosszú ideig) a kísérletek hiányában alig jutott közelebb a tudomány, hiszen a kísérletezést általában lenézték. A fizika azonban a XVIII. században már annyira fejlett tudománnyá lett, hogy az életjelenségek értelmezését a fizikai ismeretekkel megközelíthetőnek vélték: az élőlény nagyon bonyolult gép.

Természetes, hogy ez a fizikai magyarázat az élőlények szerkezetének ismeretében csak mechanisztikus szemléletre adott alkalmat. Hamarosan ki is derült, hogy a fizikai ismeretek alig vitték közelebb a tudományt az élet titkának megismeréséhez.

A kémiai szerkezet megismerése

Közben a középkor aranycsináló, misztikus alkimiájából a kémia terebélyes fája kezdett kinőni, s ekkor újabb remények támadtak az élet lényegének megismerését illetően. A XIX. században a kémiai analízis az élőlények anyagának úgyszólván minden részletét tisztázta. Az élőlények anyagának analízise először is azt bizonyította, hogy az élőlény testében semmilyen elem, atom nincsen, amely nem lenne ismeretes az élettelen anyagvilágból, de ugyanakkor mégsem tisztázta, mi az a többlet, ami az élettelentől az élőt megkülönbözteti. A kémiai analízis ekkor azt kezdte kutatni, hogy az élő anyagban levő atomok, elemek milyen kapcsolatban és viszonylatban vannak egymással, vagyis milyen molekulákat, vegyületeket alkotnak. Kimutatták, hogy az élő anyagban kb. 70—80 % vizen kívül különböző sók és főképpen *szénvegyületek — ún. szerves vegyületek* — vannak. Eleinte ebben vélték megtalálni az élet titkát, hiszen ilyen „szerves" szénvegyületeket a XIX. század elejéig csak élő szervezetekből, azok termékeiből vagy maradványaiból ismertek. Éppen ezért is nevezték ezeket szerves vegyületeknek. Úgy gondolták, hogy az élőkre jel-

lemző „szerves" szénvegyületek képződéséhez kell az a különleges életerő (*vis vitalis*), amely csak az élőkben működik. 1828-ban az első szerves vegyület mesterséges előállításakor ez a vélemény végleges cáfolatot kapott. Azóta a szerves kémia a szénvegyületek millióit állítja elő, köztük sok százezer olyat, amilyen a természetben, az élőlényekben sohasem fordul elő.

A szerves kémiai analízis az élet „titkára" vonatkozóan egy döntő dolgot mégis produkált. Kiderült ugyanis, hogy semmiféle élőlény nincs, amelynek testét nagy részben nem *fehérje* alkotná. A fehérjék kutatása még ma sem lezárt fejezete a szerves kémiának, de amit eddig a fehérjékről tudunk, máris igen sok lehetőséget nyújt az élet sok részletkérdésének megvilágítására.

Először is a fehérjék kémiai felépítettsége olyan, hogy szinte végtelen sokféle változatban fordulhatnak elő, mert kis ún. aminosavmolekulák összekapcsolásából keletkeznek. Az alig több mint húszféle aminosav kombinációja szinte kimeríthetetlenül sokféle fehérje képződésére ad lehetőséget. Minden fajnak sajátságos típusú fehérjéi vannak, és ez már halványan utal arra, hogy mi lehet az egyik valószínű oka az élők szinte végtelen sokféle formájának. Másodszor a fehérjék sok száz (néha sok tízezer) aminosavból álló óriásmolekulák, amelyek igen bonyolult kémiai szerkezetűek, vagyis igen sokféle kémiai reakcióba léphetnek. A szerves kémia azt is kimutatta, hogy általában a szénvegyületek, tehát a szerves molekulák gyakran kapcsolódnak olyan óriásmolekulákká, amilyenek a szervetlen vegyületek közt nincsenek. Ezt a szerveskémiai jelenséget *polimerizáció*nak nevezzük. Így viselkednek pl. a cukrok is.

Így állott a kémiai kutatás *Engels* idejében, aki arra a következtetésre jutott, hogy a fehérje az élet hordozója. Azóta a biokémiai kutatások a fehérjék mellett a mindig, minden élőlényben jelenlevő, ugyancsak nagyon bonyolult és végtelen sokféle *nukleinsavak*ra irányították a figyelmet. A nukleinsavak szintén polimerizálódnak, óriásmolekulákat alkotnak.

A nukleinsavak jelentősége az élő anyagban azért fontos, mert a fehérjék képződéséhez a nukleinsavak jelenléte nélkülözhetetlen. Így azt kell mondanunk, hogy fehérjék és nukleinsavak nélkül életfolyamatokat hordozó rendszer nem jöhet létre. A fehérjék és nukleinsavak többnyire egymáshoz is kapcsolódnak, és mint *nukleoproteid*ek fordulnak elő.

A fizikai kémia előretörése a tudományban

A fehérjék, illetve a fehérje és nukleinsav komplexek (nukleoproteidek) ugyan magyarázhatnak komplikált biokémiai folyamatokat, azonban tudvalevő, hogy a legtöbb kémiai reakció létrejöttéhez olyan hőmérséklet szükséges, amelyen élet már nem képzelhető el, s az anyagcsere nagyon változatos kémiai reakciói számára sokkal magasabb hőmérséklet kellene, mint a testhőmérséklet. Hogy csak az oxidációs folyamatokból hozzunk fel példát: 1 g cukor elégetésekor 4100 kalória hő keletkezik. A cukrot azonban nagyon nehéz elégetni, mert gyulladási hőfoka igen magas. A szervezetben viszont állandóan „ég el" cukor, amit a keletkező CO_2 és a víz eltávozása bizonyít, ugyanakkor a szervezet hőfoka 30—40 C° között marad. Ez külön magyarázatot igényel, és erre a fejezet végén vissza is térünk. Másrészt az anyagcsere biokémiai folyamataira a szigorú *szervezettség*, meghatározott sorrend, időbeli és térbeli kapcsolat jellemző. Erre a szervezettségre, a szigorú egymásutáni sorrendre a fehérjék és a nukleinsavak kémiai szerkezete semmiféle magyarázatot nem ad.

Az élő anyag biokémiai elemzésével egyidejűleg annak fizikai állapotára is kezd-

tek felfigyelni. Ismeretes volt már régen, hogy a sejtek anyaga különleges, sűrűn folyó, inkább kocsonyás anyag, amelynek bizonyos formatartó tulajdonsága van, de ugyanakkor alakváltoztatásra is képes. Ezt az élő, félfolyékony anyagot nevezték el *protoplazmá*nak. A protoplazma biokémiai vizsgálata a fentebb ismertetett adatokat szolgáltatta, de nem adott magyarázatot a jellegzetes fizikai tulajdonságokra.

A XIX. század végén és századunk elején újabb tudomány bontakozott ki, a *fizikai kémia*. Bár a XVIII. században is rámutattak már, hogy a kémiai tulajdonságok bizonyos fizikai jelenségekkel állnak kapcsolatban, és a fizikai-kémia fogalmát már akkor ismerték, de hiányzott sok olyan részismeret, amely új tudománnyá avatta volna azt. Magának az atomnak a pontosabb ismerete, a kinetikai elmélet, a termodinamika voltak azok a feltételek, amelyek az anyagra vonatkozó ismereteinkben az új tudomány kifejlődését lehetővé tették. A diffúzió és az ozmózis jelenségeinek vizsgálata, valamint a kristályos anyagok megismerése nyomán a fizikai kémiából további újabb tudományág vált le: a *kolloidika*. Arra a felismerésre jutottak, hogy a kémiai szerkezettől függetlenül bármilyen anyag különleges tulajdonságokra tesz szert, ha azt olyan apróra darabolják, hogy a részecskék nagysága már csak a milliméter milliomod részével mérhető. (Ezt a mérőegységet millimikronnak [mμ] nevezik.) Amíg a durván aprított anyagrészecskék pl. vízben hamar leülepednek, vagy a víz tetején összegyűlnek, tehát az oldószertől elkülönülnek, továbbá amíg a vízben jól oldódó anyagok molekuláris és atom-nagyságrendben feloldódnak és valódi oldatot adnak, addig a vízben nem oldódó 1—500 mμ nagyságúra aprított anyagok a vízben nem ülepednek, és különlegesen viselkednek.

Az új sajátságok közt legjelentősebb az, hogy a részecskék maguk köré több-kevesebb vízmolekulából álló önálló „vízburkot" kötnek meg, másrészt a részecskék felületén az oldószerből különböző anyagok halmozódhatnak fel. Ezt az anyagfelhalmozó, idegen anyagokat a részecskék felületére gyűjtő fizikai folyamatot adszorpciónak nevezik. Az adszorpció nemcsak a kolloid nagyságrendű apró részecskék tulajdonsága, hanem mindenféle felületen bekövetkező jelenség.

És éppen a felületen van a hangsúly. Gondoljuk csak el, hogy egy olyan vaskocka, amelynek egy-egy éle 10 cm — összesen 6 dm^2 felületű, és ugyanakkor megközelítően 7,8 kg súlyú. Ezen a — súlyához mérten — kicsi felületen is van adszorpció, de teljesen elhanyagolható, mert azok a vízgőz-, gáz- vagy egyéb molekulák, amelyek ezen a felületen tapadnak, a vasmolekulák óriási tömegéhez mérten számba sem jöhetnek. Mi történik azonban, ha a vaskockát felaprítjuk, mondjuk 1 mm^2-es részecskékre? Akkor a vas össztömege még mindig ugyanaz marad, de az egymillió darab kis vaskocka felülete összesen hat millió mm^2, vagyis összesen hatszáz dm^2 lesz. Ha pedig a „kolloid" méretekig megyünk, és a vasat annyira felaprítjuk, hogy a kockácskák élhossza csak néhány mμ, akkor az összfelület sokezer négyzetméterre nő. A tömegre eső felület tehát az aprítással nem arányosan, hanem nagyobb mértékben nő. Ez azt jelenti, hogy amíg a 6 dm^2 felületen levő szabad vasatomok száma viszonylag elhanyagolhatóan kevés a vaskocka belsejében levő vasatomok számához viszonyítva, addig az aprítással egyre nagyobb felületet nyerünk a felszínen levő vasatomok javára, és viszonylag egyre kevesebb atom van a részecskék belsejében. Ezen az óriási felületen már nem elhanyagolhatók azok a kémiai és fizikai jelenségek, amelyek a szabad felületen elhelyezkedő atomokkal kapcsolatban jönnek létre.

A kolloid állapotra tehát — szaknyelven szólva — az óriási *fajlagos felület* jellemző, a nagy feleület pedig nagymértékben képes adszorbeálni (megkötni) különböző anyagokat.

Most nézzük egy példán az adszorpció következményeit. Közismert dolog, hogy a világító gáz elégethető, vagyis oxigénnel vegyül. Ehhez azonban a gázt meg kell

gyújtani, vagyis olyan hőmérsékletre van szükség, amelyen az oxigénnel vegyül. Amikor még a gázt kiterjedten használták lakások világítására is, sok helyen alkalmazták a Döbreiner gyújtót. Ez a gázégő fölé helyezett kicsiny platina-szivacs. Ám e kis tömegű platina — éppen a szivacsos szerkezete miatt — óriási felületű. A csap kinyitása után a gyújtóra áramló gázt a platina oly erősen adszorbeálta, hogy a gáz az oxigénnel egyesülni tudott, a reakció hőjétől a platina felizzott, a gáz meggyulladt. Az adszorpció tehát olyan erélyes lehet, hogy az adszorbeált anyagok egymáshoz atomközelségbe juthatnak, vagyis kémiai reakciók jöhetnek létre olyan hőmérsékleten, amelyen egyébként a kérdéses reakció nem indul meg.

Ezt a kémiai jelenséget *katalízis*nek nevezik; a szervetlen kémiában a múlt század eleje óta ismerik, és az iparban is alkalmazzák.

A fentiekben azt láttuk, hogy a kolloidok felülete szinte elképzelhetetlenül nagy, ezért a katalízisre is kiválóan alkalmasak lehetnek.

A kolloid-fogalommal kapcsolatban térjünk most vissza a szerves vegyületeknek arra a csoportjára, amelyeket fehérjéknek és nukleinsavaknak neveztünk. Mondottuk, hogy ezek kis egyszerűbb molekulák egymásba kapcsolódásából keletkező óriásmolekulák. Olyan óriások, hogy elektronmikroszkóppal (100—120 ezres nagyítással) már láthatók, és méreteik a kolloid-nagyságrendhez tartoznak. Vagyis az élő anyag legfontosabb alkatrészei igen bonyolult kémiai szerkezetű kolloidok.

A hangsúly azonban azon van, hogy *azért* kolloidok, *mert* olyan bonyolult a kémiai szerkezetük. Az élő anyag legfontosabb molekuláira tehát ez az elválaszthatatlanul összefüggő kettős tulajdonság jellemző: szinte végtelenül sokféle kombinációt adó, igen bonyolult kémiai szerkezethez kolloid állapot mint fizikai tulajdonság tartozik. Ebből is megérthetjük, hogy az egyoldalú kémiai elemzés miért nem ad választ az élő anyag sok képességére: egyszerűen azért, mert a kémiai analízis során megbontjuk az ahhoz tartozó fizikai állapotot, s így az egyszerűen eltűnik szemünk elől.

A szerves kémiai ismereteink szerint azonban a fehérjéken és nukleinsavakon kívül az élő anyagban található más organikus vegyületek is bizonyos körülmények közt előfordulnak kolloid nagyságrendű részecskék formájában. Ilyen szerves vegyületek a szénhidrátok és a zsírnemű anyagok.

A nagy felületű kolloid szerves vegyületek természetesen képesek arra, hogy felületükön különböző anyagokat adszorbeáljanak. Ez az adszorpció a változatos kémiai „felület" miatt változatos kémiai reakciók elindításához, katalíziséhez vezet. De meghatározott szerkezetű „szerves katalizátor" természetesen csak mindig ugyanolyan meghatározott reakcióban vesz részt. A „szerves katalizátorokat" külön névvel *enzim*eknek nevezzük, de használatos a régebbi *ferment* elnevezés is. Az enzimek tehát nagyon sokfélék, és mindegyikük egy-egy meghatározott kémiai reakciót végezhet el.

Ahhoz azonban, hogy az enzim működjék, meghatározott feltételek kellenek. Így pl. a hőmérséklet, a környezetben levő más molekulák vagy elektromos töltéssel bíró atomok (un. ionok) nagymértékben befolyásolhatják az adszorpciót is és a kémiai reakciót is. Ez azt jelenti, hogy az enzimek működése a környezettől függően megindulhat (aktiválódhat), vagy megállhat (gátlást szenvedhet), és természetesen függ attól is, vajon van-e jelen olyan anyag, amelyre hatást gyakorolhat. Azok a kémiai reakciók, amelyeket az enzimek lebonyolítanak, többnyire megfordíthatók, vagyis bizonyos körülmények közt ugyanaz az enzim pl. egy nagyobb molekulát szétbont, más feltételek között (kisebb részekből) ugyanezt a molekulát felépíti.

E bonyolult összefüggések teszik érthetővé, hogy megfelelő enzim-csoportok egész reakció-sorokat tudnak mindkét irányban katalizálni. E reakció-sorok min-

den lépését más-más enzim végzi, és minden egyes enzim a katalizált reakció végén a keletkezett reakció-termékekkel vagy a reakciótérben bekövetkezett változásokkal a következő enzim működésének feltételeit teremti meg, önmaga pedig kikapcsolódik. Így „adják át" egymásnak az enzimek a reakciók sorozatán keresztül a kiindulási anyag újabb és újabb származékait, míg végül az anyag lebomlik alkatrészeire vagy alkatrészeiből kialakul a végső, nagyobb molekulájú vegyület-típus.

Amit az enzimekről írtunk, rögtön érthetővé tehető és jelentőségében szemlélhető, ha példán mutatjuk be. Emlékeztetünk e fejezet elején példaként felhozott cukor-elégésre. Térjünk vissza ehhez. A szervezetünkben cukor „ég el", mert az anyagcsere során a cukorból CO_2 és víz képződik, de ugyanakkor sem lángtünemények nincsenek, sem pedig szervezetünk nem hevül fel minden gramm cukorra számítva 4100 kalóriával, hiszen ez megsemmisülésünket jelentené. Mi történik tehát szervezetünkben? A cukormolekulát a sejtekben levő enzim-rendszerek mintegy 16—20 enzimből álló szénhidrátbontó csoportja igen bonyolult folyamatok során — lépésről lépésre bontja le, illetve oxidálja. A végeredmény tehát ugyanaz, mint a lánggal való égéskor, de a reakció lassúbb és veszélytelenebb; az energia felszabadulása is pontosan ugyanannyi, mintha lánggal égettük volna el, de az energia csak kis töredékben jelenik meg mint *hő*, míg legnagyobb részben mint *kémiai energia* felhasználódik a sejtben ugyanekkor folyó más reakciókhoz, vagy pedig különleges vegyületekben valósággal akkumulálódik, ahonnan szükség esetén könnyen és bonyolult folyamatok nélkül ismét felhasználódhat.

Említettük már azt is, hogy az anyagcsere-folyamatokra a szigorú szervezettség, térbeli és időbeli kapcsolatban megnyilvánuló meghatározott sorrend jellemző. Nos, ezt a szervezettséget az enzimek tulajdonságai és az enzimek által katalizált reakció-láncok teszik érthetővé. Az enzimek és azok működése pedig maga az élő anyag, a protoplazma kémiai és kolloidikai szerkezete: az óriásmolekulák bonyolult rendszere. Nincs tehát külön élő anyag, amelyben enzimek vannak, hanem maga az élő struktúra bír enzim tulajdonságokkal.

Mindez, amit eddig elmondtunk az élő anyag kémiai szerkezetéről, valamint az ahhoz kapcsolódó kolloid tulajdonságokról, már elvezetett bennünket annak a leglényegesebb képességnek a magyarázatához — legalábbis elvi megértéshez — amit anyagcserének nevezünk. Az élő anyagban megfelelő kombinációk és megfelelő számú felépítő molekula esetén elvileg megvan a térben és időben rendezett kémiai folyamatok lebonyolításának képessége.

Van azonban valami, amire eddig még megközelítőleg sem kaptunk választ. Ha mi mesterségesen összekeverünk bizonyos számú fehérje, nukleinsav, szénhidrát, lipoid, víz, különféle só stb. molekulát és ezt a keverékcseppet becseppentjük egy edény vízbe, akkor a csepp pillanatok alatt szétszéled, feloldódik, nyomtalanul eltűnik. Ha azonban ugyanezek az anyagok egy *Amoeba* nevű egysejtű állatka élő anyagában, a protoplazmában vannak, — megtartják egységüket, az alkatrészek nem oldódnak fel a környezet vizében: az állatkának minden összetettsége ellenére *individualitása*, egyedisége van. Az amőba több, mint részecskéinek összege!

Mi ez, ami még itt szerepel? Nézzük meg először az amőba sejt-testének tulajdonságait. .

Ha megérintjük, megnyomjuk vagy meghúzgáljuk az élő amőbát, akkor rögtön feltűnik, hogy rugalmas, félig folyékony, kocsonyás állapotban van. Ezek után készítsünk zselatinból kocsonyát, vágjunk ki a lehűlt kocsonyából kis kockákat és szórjuk őket hideg vízbe. Azt tapasztalhatjuk, hogy a kocsonya még napok múlva is kis kockák alakjában marad a vízben, nem oldódik fel.

Ezt a kocsonyás állapotot szaknyelven *gél állapotnak* nevezik, és a magyarázatát is ismerjük. Arról van szó, hogy ha a kolloid-részecskék fonálszerűek, akkor bizonyos hőmérsékleten és nyugalmi állapotban a fonálkák végei összetapadnak és finom térrácsot hoznak létre. E hálózat roppant finom hézagait víz tölti ki, de az egész anyag mégsem önthető, mert a kolloid-részecskék egyben tartják a házagokban levő vizet is. Ha a gélt melegítjük, akkor a részecskék hőmozgása fokozódik, az összetapadás megszűnik és a kocsonya elfolyik. Bizonyos mechanikai és fizikai-kémiai hatások is képesek a gélt elfolyósítani. A protoplazmában számos olyan fehérje van, amelynek molekulája fonálszerű kolloid részecskéknek felel meg. Ezek gél állapota adja meg a protoplazma dinamikusan változni tudó, de mégis formatartó tulajdonságát.

A kocsonyaképző tulajdonság tehát kolloid tulajdonság; az élő anyag, a protoplazma rugalmas, kocsonyás állapota szintén a kolloid szerkezet következménye. Ez teszi érthetővé, hogy az élő szervezetek legalább 70 %-os (de néha 90 %-nál is több!) víztartalom ellenére sem olvadnak széjjel, nem oldódnak fel a vízben, formájukat változtathatják és meg is tarthatják.

Mikor keletkezett az élet?

Az élő anyag, az élőlények szerkezetének, kémiájának, fizikájának megismerése az életjelenségek tanulmányozásával egyidejűleg haladt, s közben a biológia is az önálló természettudományok sorába lépett. A múlt század közepe óta a darwinizmus az élővilág fejlődéstörténetének bizonyított elmélete lett, amely feltárta az élő természet fejlődésének törvényszerűségeit.

Bizonyítást nyert, hogy az élővilág mai képviselői hosszú fejlődési folyamat eredményei, amely folyamatban a fejlődés mozgatója az élőlény és környezete közt állandóan meglevő dialektikus ellentét. Ez okozza a legmegfelelőbb formák kiválogatódását. Az élőlények számára elsősorban döntő biológiai törvények: küzdelem a létért, a folyamatos alkalmazkodás a folytonosan változó környezethez, a tulajdonságok átöröklésének képessége.

Az élet keletkezésének kérdésében a darwinizmus két alapvető nézőpontból lényeges. Először is: az élet fejlődéstörténete azt igazolja, hogy *az élő formák az egyszerűbb, kezdetlegesebb szervezetekből bontakoztak ki az összetettebb, magasabbrendű lényekig*, vagyis az első élők nagyon egyszerű, még a sejtnél is kezdetlegesebb lények lehettek! Másodszor: *az élet keletkezése csak olyan környezeti feltételek között volt lehetséges, amelyek az életjelenségek számára egyáltalán megfelelhettek*, illetve amelyekhez még élőlénynek egyáltalán alkalmazkodni lehet.

Mivel már a múlt században, a Föld keletkezésével kapcsolatban a valóságot legalábbis megközelítő elméleteket szerkesztettek, s a csillagászati, geológiai, geofizikai ismeretek alaposak voltak, — így az itt felvetődő kérdésekre is lehetett már válaszolni. Az elmúlt évtiezedekben pedig a radioaktivitás alapján már viszonylag pontos mérések álltak rendelkezésre nemcsak a Föld keletkezésének valószínű idejére, hanem a Föld formálódásának, geológiai történéseinek, „fejlődésének" menetére vonatkozóan is. Ezeket az ismereteket igen jól kiegészítették a csillagászat adatai, amelyek az égitestek hőfokáról, anyagi összetételéről, légköréről, annak anyagairól stb. tájékoztattak.

Így formálódtak ki azok az ismeretek, amelyek — különösen a radioaktivitás alapján — a Föld keletkezésének időpontját kb. 3—4 milliárd évvel ezelőttre valószí-

nűsítik, és amely ismeretek a geológiai korszakok valószínű tartamát is meghatározhatóvá tették.

Földünk — keletkezése után legalább egy milliárd évig olyan állapotban volt, amelyben az élet feltételei nem voltak meg. A lehűlési folyamatokkal kapcsolatban először a szilárdabb központi rész, valamint a kéreg és az atmoszféra különült el. A Föld őslégkörének összetétele azonban lényegesen különbözött a maitól és a kéregfelszín is merőben más volt, mint a mai. A hőmérsékleti viszonyok ezután már lassan lehetővé tették a vízgőzök lecsapódását, kialakultak a tengerek (hidroszféra), és elvileg a legfontosabb környezeti feltételek adva voltak az élet számára. Az élet tehát kb. 2 milliárd évvel ezelőtt keletkezhetett. Ezzel a megállapítással tulajdonképpen a végére jutottunk mindazoknak a kérdéseknek, amelyek felvetődtek, mielőtt az élet keletkezését tárgyalhattuk volna.

De vajon elég-e meghatározni az élet lényegét, elég-e ismerni az élő anyag szerkezetét és működését, elég-e ismerni azokat a feltételeket, amelyek az élet számára elengedhetetlenek, és elég-e ismerni azt az időpontot, amikor ezek a feltételek a Földön megjelentek? Lehet-e ezekből az ismeretekből most már olyan elméletet szerkeszteni az élet keletkezésére, amely legalábbis valószínűen tükrözi a lefolyt eseményeket?

Szinte ijesztő: amikor úgy gondoltuk, hogy minden kérdésre válaszoltunk, újabbak merültek fel. Mi ad biztosítékot ezek után arra, hogy az élet keletkezéséről alkotott elméletünk nem teljesen alaptalan és tudománytalan?

Régi filozófiai és tapasztalati szabály, hogy minden elmélet és gyakorlat számára döntő az a *módszer,* amellyel a feladatot megoldani igyekszünk. Egy elmélet megszerkesztése is jórészt módszer kérdése. Ugyanis van a gondolkodásnak is módszere, mégpedig rossz és jó módszere egyaránt, — attól függően, hogy helyesen vagy helytelenül tükrözi a valóságot.

A gondolkodás dialektikus módszerének jelentősége

A logikus gondolkodás úttörői, a görög filozófusok kiterjedten használták a vélemények, álláspontok tisztázására a *vitát,* a dialektikát. A görög dialektika lényege az volt, hogy az egyik fél állította a *„tételt",* a másik ezzel szembeállította az *„ellentételt".* A kettőből: a *tézisből* és *antitézis*ből jött létre az *„eredmény"*: a *szintézis,* ami mindig több volt, más volt, mint a tétel és ellentéttel összege vagy különbsége. Valami *új* jött létre. Ezt az egyszerű dialektikát, amely azonban jól feltüntette, hogy az ellentétekből minőségileg új jön létre, *Hegel* filozófiája dolgozta ki bővebben és *Engels,* valamint *Marx* — *Hegel* nyomán — a múlt században tudományos módszerré fejlesztette.

Nem lehet feladatunk a dialektika szabályainak részletezése, de a dialektikus módszerből ki kell emelnünk néhány tételt annak feltüntetésére, hogy az élet keletkezésének kérdése csakis ezzel a módszerrel közelíthető meg.

A dialektika egyik tétele szerint *semmi sem tanulmányozható összefüggéseiből kiragadva,* mert úgy nem érthető meg. Ezt a természetre alkalmazva — arra a következtetésre kell jutnunk, hogy a természet egységes, és ha ehhez a materialista szemlélet alaptételét hozzátesszük, akkor az is következik, hogy *egységes és anyagi természetű.* Az élettelen és élő természetnek tehát *egymással* összefüggésben kell lennie, és *mindkettő* anyagi természetű.

De akkor honnan ered és miben áll az élettelen és az élő közötti nyilvánvaló különbség? Erre ad választ a dialektikának egy másik tétele: *az anyag jellemző alaptulajdonsága a mozgás*. Persze itt nem feltétlenül helyváltoztatásról van szó, mert mozgás pl. az állapotváltozás is. Ezek szerint az anyagnak különböző mozgásformái vannak: mechanikai (pl. a szabadesés), fizikai (pl. az olvadás), kémiai (pl. a vegyülés). A különböző mozgásformák azonban egymást nem zárják ki, sőt úgy látszik, hogy ezek között fokozati különbségek vannak, s a fizikai mozgás magasabbrendű, mint a mechanikai, a kémiai magasabbrendű, mint a fizikai. A kémiai reakció által előidézett fizikai változás mechanikai munkát végezhet. A kémiai mozgásban a fizikai és mechanikai mozgás benne rejlik, de mégsem vezethető vissza egyszerűen azokra! Ha ez így van, akkor szükségképpen le kell vonnunk azt a következtetést, hogy *az élet az anyagnak szintén egyik mozgásformája: biológiai mozgás*. És ezzel máris eljutottunk a leglényegesebb ponthoz. Az anyagmozgás fejlődését követve el kell jutnunk az élet keletkezésének titkához.

A dialektika az anyag mozgásának okát és módját is megvilágítja. A mozgás egyrészt ellentétekből fakad, másrészt az egyszerűbbtől a bonyolultabb felé halad. Az anyag mozgása során a mennyiségek halmozódása útján különböző minőségek jelennek meg, amelyek mindegyikének *saját* törvényszerűségei vannak. Az atom szerkezetét a benne levő különböző részecskék adják meg. Aszerint, hogy ezekből a részecskékből (proton, elektron, neutron stb.) *hány* van egy atomban, beszélünk hidrogénről, oxigénről, szénről, vasról stb. A hidrogén és a szén közti különbség nem érthető meg egyszerűen a protonok és elektronok *számának* különbségéből, mert különböző *minőségek* jönnek létre. Továbbmenve: a hidrogén és az oxigén molekula egyik tulajdonságából sem következtethetünk arra, mi lesz belőlük, ha vízzé kapcsolódnak össze. A víz nem egyszerűen összege a *H* és *O* atomoknak, hanem minőségileg új.

A példákat vég nélkül folytathatnánk, de elég lesz még kettőt megemlíteni. A fehérjék tudvalevően kisebb, jól ismert molekulákból, ún. aminosavakból jönnek létre. Egy, tíz, húsz, ötven aminosav azonban *nem* fehérje! Kb. 100—260 aminosavnak kell összefüggnie, hogy a fehérjére jellemző fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságok létrejöjjenek. Ebben azonban semmi csoda nincs. Az aminosav kicsi molekula, de ha kb. 100—200 darab összekapcsolódik, olyan nagy molekula képződik, amely már *kolloid* nagyságrendű. A kolloid állapot mint új minőség jelentkezik a megfelelő mennyiségű aminosav halmozódásából.

Vegyünk most egy másik példát. A háztetőn macska járkál, egy cserép meglazul, és mindkettő leesik. A cserép a mechanika törvényei szerint gyorsulással esik, odaütődésekor mechanikai munkát végez, széttörik, ütődési hő keletkezik, azután teljes nyugalom áll be: minden egyensúlyba került. A macska is a mechanikai törvények szerint zuhan, közben azonban mozog, helyezkedik — és talpraesik, majd elmegy, esetleg újra felmászik a tetőre. A macska közben a fizika törvényei szerint mozog, benne a mozgáshoz az anyagcsere kémiai folyamatai szolgáltatják az energiát, és mégis mennyivel több és más történt, mint a cserép leesésekor. Itt ugyanis a biológiai mozgás is jelentkezett mint új minőség.

Mindaz, amit a dialektikus gondolkodási módszerről példákon itt elmondottunk, rögtön érthetővé teszi, hogy az élet keletkezésének kérdésében csakis ez a módszer vezethet megoldásra. Nem vitatható, hogy az élőlények anyagból állnak, mégpedig *csak* olyan anyagból, amely az élettelen természetben is előfordul. De az élőlény ugyancsak vitathatatlanul *több*, mint az élettelen anyagok halmaza. Ezt a többletet az élőt felépítő bonyolult anyagok bonyolult viszonylatából származó új *minőség* teszi érthetővé! Az élőlény nem komplikált gép, hanem az alkatrészek bonyolult egymásrahatásából képződött új egység, amelynek törvényszerűségei is sajátságosak,

többek, mint a mechanika, fizika és kémia törvényei. Azt a folyamatot, amikor egy tyúk a búzaszemet felcsípi és megeszi, ki lehet elemezni a mechanika, fizika és kémia törvényeivel. De azt, ahogy a kotlós a talált szemet *nem* eszi meg, hanem csirkéinek adja, — semmiféle mechanikai, fizikai vagy kémiai törvénnyel magyarázni nem lehet. Itt *biológiai* jelenségről van szó.

A fentiekből érthető és világos, hogy az élet keletkezésének elméletei közül mindazok, amelyek nem dialektikusan és nem materialista módon látják a kérdést, semmire sem juthatnak.

Az élőben nincs semmi nem anyagi, kívülről beleoltott erő, és mégis több, mint az élettelen. És ezzel az idealista felfogás legfontosabb argumentumát, a megismerhetetlen életerőt kiküszöböltük. De az élőlény nem is olyan bonyolult mechanizmus, amelynek létrejötte a vak véletlenek évmilliárdos kombinációira vezethető vissza. Élő anyag az élettelenből véletlenül soha nem kombinálódhatik össze. Az élet mint az anyag egyik mozgásformája *szükségszerűen* jött létre. Ha megismerjük az anyag törvényszerüségeit, — az anyag *„fejlődésének"* útját követve el *kell* jutnunk az élet keletkezéséhez.

És ezzel, ilyen hosszú úton mi is eljutottunk ahhoz a ponthoz, hogy ismertessük a modern tudomány álláspontját az élet keletkezése kérdéséről, továbbá, hogy összefoglaljuk azokat az elméleteket, amelyek a tudomány mai állása szerint valószínűsíthetők és kísérletekkel is bizonyíthatók.

MODERN ELMÉLETEK AZ ÉLET KELETKEZÉSÉRŐL

A fentiekben láthattuk, hogy a tudományok egész sora évszázadok alatt gyűjtötte össze azt az ismeretanyagot, amelyet a dialektikus módszer segítségével az élet keletkezésének tudományos magyarázatához fel lehet használni.

1924-ben *A. I. Oparin* szovjet biokémikus közölte az első ilyen átfogó elméletet, amely az élet keletkezését a Föld keletkezésének, a geofizika és a geokémia történéseinek folyamatába illesztette be. Az élettelen és élő természet egységéből kiindulva — az anyag mozgásának elvi alapján közelítette meg a kérdést. Azóta *Oparin* elmélete az egész világon ismertté vált, és 1957-ben — sok konkrétum alapján, újabb adatokkal kiegészítve — „Az élet keletkezése a Földön" címmel könyv alakjában ismét megjelent. (Hazánkban 1960-ban adták ki.)

Az elmúlt évtizedekben még más elméletek is napvilágot láttak, és számos részletkérdésben igen komoly bizonyítékokat jelentő laboratóriumi kísérleteket végeztek világszerte. Bármelyik elméletet vegyük is szemügyre, elvi álláspontja mindegyiknek azonos, leglényegesebb alaptételei megegyeznek.

Ez természetes is, és éppen amellett bizonyít, hogy az elméletek valószínűen tükrözik azokat a folyamatokat, amelyek az élet megjelenésére vezettek. Valóban részletkérdés, és tudományos vita tárgya lehet, hogy az élet keletkezésének energetikai problémáit fotokémiai folyamatokkal, elektromos kisülési energiákkal, adszorpciós energiával, radioaktivitással vagy mással magyarázzuk-e. Bizonyos, hogy ezek bármelyike szerepelhetett, sőt valószínűleg többféle, vagy mindegyik szerepelt is. *Oparin* elméletén kívül a francia *Dauvillier* és az angol *Bernal* elméletét említhetjük még meg, amelyek ilyen részletkérdésekben egymástól eltérnek.

A továbbiakban főként *Oparin* elméletét követjük, de egy-egy figyelemre méltó gondolatot a többiektől is átveszünk.

Mindenekelőtt megállapíthatjuk, hogy a különböző elméletek, amelyek Földünknek és általában a bolygóknak a keletkezését magyarázzák, nagyjából megegyeznek abban, hogy Földünk kb. 3—5 milliárd évvel ezelőtt keletkezhetett, és 2—3 milliárd évvel ezelőtt olyan izzó állapotban volt, hogy rajta életről szó sem lehetett. Azt azonban, hogy milyen anyagok lehetnek egy izzó égitesten, — színképelemzéssel ma is meg tudjuk állapítani.

Az Orion csillagkép egyik legfényesebb csillaga a Rigel. Ennek felületi hőmérséklete 20 000 C°, a színképelemzés szerint csak *atomos* állapotban levő anyagokból áll. Ilyen hőmérsékleten az atomok még vegyületeket, molekulákat sem tudnak létrehozni, mert a magas hőmérsékleten az ún. hőmozgás a részecskék egyesülését lehetetlenné teszi. A Sirius nevű csillag felületén 11 000 C° a hőmérséklet. Itt már a szén- és hidrogénatomok egyszerű kapcsolódása figyelhető meg. A mi Napunk 6000 C°-os felületén a szénatomok egymással, szén- és hidrogénatomok, szén- és nitrogénatomok

kapcsolódása folytán képződött *molekulák* észlelhetők. A hőmérséklet csökkenésével tehát az atomok kémiai egymásra hatásának, molekulák képződésének valószínűsége fokozódik. Lényeges, hogy a Világegyetemben rendkívül elterjedt a szénből és hidrogénből álló szénhidrogének kialakulása. A szénhidrogének a Kozmoszban nyilvánvalóan élőlényektől függetlenül jönnek létre, míg Földünkön ezeket jellegzetesen szerves eredetűeknek szokták tekinteni.

A csillagok és naprendszerünk más bolygóinak megfigyeléséből következtethetünk arra, hogy milyen úton haladt annak idején Földünk kialakulása, „fejlődése". A lehűlés során különült el a Föld központi magja, amely főleg vas-nikkel-kobalt- (és talán mangán-) karbidokból áll, vagyis fémeknek szénnel alkotott vegyületeiből. A karbidokból azonban szintén képződnek szénhidrogének, s így bizonyos, hogy Földünk anyagában is már az élet megjelenése előtt jelen voltak ezek a „szerves" vegyületek. A főleg fémekből álló izzón folyó központi mag körül szilárdult meg — 3000 C° körüli hőmérséklet alatt — a különböző oxidok-szilikátok alkotta kőburok, amely mint a salak az olvadt fémen, úgy úszott a központi mag fölött. Legkívül pedig a forró gőzökből, gázokból álló légkör maradt.

A Föld őslégköre lényegesen eltért a maitól. Forró állapotban vízgőzt, széndioxidot, ammóniát, ciánt, szénhidrogéneket (acetilént, metánt, etilént), nitrogént és még sok más gázt tartalmazott, de szabad oxigént nem. A *mai élet* számára ez a légkör nemcsak elviselhetetlen, hanem gyilkos is volna, — s mégiscsak ebben indulhatott meg elsősorban azoknak a molekuláknak a kialakulása, amelyek az élő anyagot felépítő szerves vegyületekként ismeretesek. Az említett forró gázok és gőzök kémiai kapcsolódásához a magas hőmérsékleten kívül más energiák is hozzájárultak. Így a hatalmas elektromos kisülések és a Nap ultraibolya sugarai. Ebben az őslégkörben létrejött változások vezettek azután olyan légkör kialakulására, amely már az élők számára elviselhető, tehát az élet feltételeinek megfelel.

Stanley M. *Miller* olyan készüléket szerkesztett, amelyben az ős-atmoszférának megfelelő forró vízgőz-gázelegyben elektromos kisüléseket hozott létre. Néhány nap alatt a lecsapódott vízpárákban aminosavak voltak kimutathatók, tehát olyan szerves molekulák, amelyek szénből, nitrogénből, oxigénből, hidrogénből állnak, és amelyekből fehérjék képződhetnek.

Dauvillier kimutatta, hogy bizonyos rövid hullámhosszuságú ultraibolya sugárzás hatására az említett gőz-gázelegyben széndioxidból és vízből formaldehid, továbbá ammónia jelenlétében ennek egy nitrogéntartalmú rokona, a formamid képződik és közben oxigén válik szabaddá. Az oxigén első megjelenése tehát fotokémiai folyamat során történt, amely folyamat a szerves molekulák képződésében is szerepelt. A formaldehid és a formamid egymással vegyülve szintén aminosavat hoz létre. Mindezek a folyamatok évmilliókon át folytak, közben a Föld felülete és légköre egyre jobban lehült.

A vízpárák lecsapódására alkalmas hőmérsékleten azután óriási forró esők zúdultak a földfelszínre, és magukkal ragadták a légkör rengeteg kisebb-nagyobb szerves molekuláját is. Ugyanakkor nagy mennyiségben oldódtak fel benne a kéreg különböző sói: nátrium, kálium kálcium, vas, foszfor stb. sók. A kialakult ősóceánok forró sós vizében újabb kémiai folyamatok zajlottak le. Így például kísérlettel is bizonyítható, hogy a formaldehidből gyengén lúgos oldatban cukrok képződnek; a ciánból, ammóniából, cukrokból és foszforsókból pedig az élő anyag másik fontos óriásmolekuláját, a nukleinsavat képező alapvegyületek keletkezhetnek.

Fox gyengén lúgos, kálciumtartalmú forró vízben, amilyen a hőforrások vize, egyszerű szerves molekulákból olyan vegyület létrejöttét mutatta ki, amely a klorofill- és hemoglobinmolekula típusos részének (porfirinváz) képződéséhez szükséges.

Az ősóceánok sekélyebb vizeiben újabb tényezők kapcsolódhattak be a kémiai folyamatok energiaszolgáltató tényezői közé. Nevezetesen feltehető az iszap, illetve nedves agyagfelszínek ún. adszorpciós energiájának a szerepe, továbbá a vízfelszínekről visszaverődött polarizált fénysugarak fotokémiai hatása, és a napsugarakat ugyancsak polarizáló kvarckristályok katalizátor tulajdonsága. A polarizált ultraibolya sugárzás teszi érthetővé, hogy a képződő egyre bonyolultabb szerves molekulák aszimmetrikusan épülnek fel. Ez a molekuláris aszimmetria az élő anyagot felépítő vegyületekre jellemző. Hosszú ideig azt hitték, hogy aszimmertikus molekulák csakis élő szervezet közreműködésével jöhetnek létre, de a fentiek alapján nagyon valószínű, hogy aszimmetrikus szerves vegyületek már az élet kialakulása előtt is voltak Földünkön. Ezt a molekula felépítési típust az élő anyag az anyagcseréjében és szerkezetében csak megőrizte.

Az ősi légkörben, majd az ősóceánokban az egyszerűbb, kisebb molekulákból mind összetettebb, bonyolultabb molekulák képződtek. Megjelentek azok a vegyület-típusok, amelyekről a vitalizmus képviselői sokáig azt mondták, hogy csakis „életerő" hatására keletkezhetnek: kialakultak az élőkre oly jellemző ún. organikus, szénvegyületek egyszerűbb formái. Az anyag mozgásának, fejlődésének útja természetesen nemcsak új típusú vegyületek megjelenését, hanem az eredeti anyagok mennyiségének megváltozását is eredményezte. Láttuk, hogy a szerves vegyületek fotokémiai képződése során oxigén szabadult fel és jelent meg a légkörben, ugyanakkor pedig széndioxid kötődött meg. Ugyanígy az ammónia, a cián és más gázok is beépültek bizonyos vegyületekbe.

Itt tehát olyan dialektikus folyamat játszódott le, hogy az élő anyag keletkezését megelőző fejlődés során kezdtek kialakulni azok a feltételek is, amelyek az életet lehetővé teszik. Ide tartozik az az érdekes jelenség is, hogy a fotokémiai reakciók során felszabaduló oxigén egy része ugyancsak az ultraibolya sugarak hatására ózonná alakul át, viszont már maga az oxigén is, de még inkább az ózon, elnyeli az ultraibolya sugarak legaktívabb hullámhosszú részeit. Ezek a sugarak egyúttal az élőkre is a legveszélyesebbek! Idővel a szerves vegyületek kialakulásához szükséges kiindulási vegyületek száma a megváltozó viszonyok miatt csökkent, azok a feltételek pedig amelyek a szerves molekulákat létrehozták, megváltoztak vagy megszűntek.

Szerves kémiai ismereteink szerint az élő anyag felépítésében résztvevő egyszerűbb szerves vegyületek egész sora rendelkezik azzal a kémiai tulajdonsággal, hogy mind nagyobb és nagyobb egységekké, molekulákká fűződik össze, szaknyelven: polimerizálódik, vagy kondenzálódik. Az egyszerű cukrok összetett, nagymolekulájú szénhidrátokat alkotnak; az aminosavak aminosav-láncokból álló fehérjékké kapcsolódnak; az egyszerű nukleotidok ún. polinukleotidákat alkotnak. A dialektika azonban nemcsak filozófiai módszer, mert a természetnek is megvan a „dialektikája". A mennyiségek halmozódása például új minőséget hoz létre. Kellő számú szerves molekula polimerizációja óriásmolekulákká, szükségképpen a kolloid állapottal jár, és tudjuk, hogy a kolloidoknak a kémiai szerkezeten kívül jellegzetes fizikai tulajdonságuk is van.

Az ősóceánok vizében a feloldott anorganikus sók, valamint egyszerű organikus vegyületek végtelen tömege mellett egyre több és többféle organikus kolloid, óriásmolekula képződhetett. A kolloidokat tartalmazó oldatokban egy újabb érdekes jelenség alakult ki, amely laboratóriumban reprodukálható, sőt laboratóriumi kísérletekből vált ismeretessé. Ugyanis anorganikus sókat és különböző kolloidokat tartalmazó oldatokban — bizonyos körülmények között — az anyagok fizikai egymásrahatása folytán kisebb-nagyobb cseppek különülnek el élesen. Ezekben az eredeti oldatban elkülönülő — különböző kolloidokat, vizet és oldott sókat tartalmazó — rend-

szerekben az élet egyik jellemző tulajdonsága, a környezettől való éles elkülönülés, az *individualitás* első nyomai ismerhetők fel. Ilyen összetett kolloid rendszerek *koacervátum* néven ismeretesek. Természetesen a koacervátumok nem élnek, de ha olyan kolloidokat hozunk össze anorganikus oldatokban közös rendszerré, amelyek kémiai aktivitással rendelkeznek, tehát pl. enzim-fehérjéket, lipoidokat tartalmazó rendszert (kísérleti modellt) állítunk össze, akkor olyan koacervátum képződik, amelyben enzimreakciók mennek végbe, a környezetből anyagokat vesz fel és azt lebontja. Az ilyen kémiai rendszereket nyílt rendszernek nevezzük és modellünkben a szintén nyílt rendszert képviselő élő anyag legfontosabb működésére, az *anyagcserére* kaptunk hasonlóságot.

Az enzimműködések azonban megfordítható kémiai folyamatok: építő és bontó irányban egyaránt lefolyhatnak. Az építők energiát igényelnek, a bontók energiát termelnek. Megfelelő kombinációban, tehát megfelelő mennyiségű és minőségű kolloidból, valamit anorganikus anyagokból álló összetett rendszerként megszülethetik olyan koacervátum, amelyben egyidejűleg az építő és bontó folyamatok egyensúlya jön létre. Ezzel a koacervátum bizonyos dinamikus stabilitásra tesz szert. Ennek a dinamikus stabilitásnak az a feltétele, hogy a környezetben folytonosan rendelkezésére álljanak olyan lebontásra alkalmas szerves molekulák, amelyek energiát szolgáltathatnak. Az ősóceánok tömérdek koacervátumot tartalmazó vize azonban tele volt más organikus anyagokkal is. Évmilliókon át folyton képződtek újabb és újabb különböző enzimeket tartalmazó koacervátum-kombinációk, ezek hosszabb-rövidebb ideig léteztek, majd szétestek, illetve alkatrészeik újrakombinálódtak. Eközben azonban az organikus molekulák egyre fogytak, mert azok a folyamatok, amelyek annak idején létrehozták őket, lassan megszűntek vagy megváltoztak. Így azután azok a koacervátumok, amelyek enzimjeikkel dinamikus egyensúlyi helyzetet tudtak fenntartani, hosszabb ideig maradtak fenn, és saját anyagrendszerüknek megfelelő anyagokat építettek fel. Ha túl nagyra növekedve szétestek, akkor alkatrészeik az eredeti komplex rendszer minden tulajdonságával rendelkezhettek, és elölről kezdődött a folyamat. Ezzel kialakult az *anyagcsere* valódi formája, s annak kíséretében a növekedés és *szaporodás* életjelensége. Megjelent a Földön az élet.

Az első primitív élőlény-cseppecskék az évmilliók óta egyre fogyó organikus anyagokat tartalmazó őstengerekben éltek. Közben megváltozott a légkör, lehűltek a tengerek, s megkezdődött a küzdelem a „táplálékért", a szerves anyagokért és a puszta létért. Ez a dialektikus ellentét az élő igényei és a környezeti feltételek között, magában rejti a *kiválogatódás* és ezen keresztül a biológiai fejlődés lehetőségét, sőt szükségszerű bekövetkezését. A már megjelent élők sorsát ettől kezdve a fejlődés útján *biológiai* törvények irányították. Az élőlény az anyagnak új minőségű mozgásformája, új „létezési módja" — új törvényszerűségekkel, amelyek magukban hordják a mechanika, a fizika, a kémia, a kolloidika minden törvényszerűségeit. Mégis ezek *viszonylatából*, nem pedig összességéből adódik az új minőség.

Tehát, az élet keletkezése a Földön nem hirtelen, véletlenül bekövetkező esemény volt. Az élettelen anyag mozgása évszázmilliókon át vezetett az egyre összetettebbé váló molekulák, majd anyagrendszerek képződéséhez. És amikor az összes feltételek megvoltak, a mennyiségi változások sorozatán át az élet megjelenése dialektikusan, ugrásszerűen bekövetkező jelenség volt, mert új minőségről van szó. Ehhez olyan anyagrendszerek kellettek, amelyek kémiai és fizikai értelemben véve sajátságos anyagok megfelelő mennyiségének együttesében hozták létre az új minőséget. Az individualitás, az anyagcsere, a szaporodás, a létért való küzdelem, a kiválogatódás és az ennek nyomán járó evolúció (biológiai fejlődés) már *biológiai jelenségek.*

A SEJTES SZERKEZET KIALAKULÁSA

Körülbelül kétszázötven évvel ezelőtt, az első mikrószkópok feltalálása után vették észre, hogy az élő természetben nemcsak szabad szemmel látható lények vannak, hanem parányi élőlények sokasága nyüzsög egy csepp pocsolyavízben is, amelyekről az emberiségnek addig fogalma sem volt. Azt is felfedezték, hogy a növények és állatok testét csak mikroszkóppal látható kicsi egységek, élő testecskék milliói építik fel. Ezeket a kis elhatárolódó élő egységeket nevezték el sejtnek. Hosszú idő kellett azonban ahhoz, míg észrevették, hogy a mikroszkópos élőlények és a szabad szemmel látható szervezetek kis részecskéi, sejtjei — lényegükben azonosak. A múlt század közepe táján született meg az ún. sejtelmélet, amely szerint az élet végső elemi egysége a *sejt*. Azóta a tudomány a sejtelmélethez rengeteg új ismeretet fűzött, s a sejtelmélet ma is a biológia egyik lényeges része.

Amikor *Darwin* evolúciós elmélete a biológia másik alappillére lett, az élővilág fejlődéstörténetének kezdetét a sejtes létformára akarták visszavezetni. Lassan kiderült azonban, hogy a sejt maga is már olyan bonyolult, összetett szervezet, amely nyilvánvalóan kezdetlegesebb formából fejlődhetett. Így ma az élet fejlődéstörténetét — jobb szó híján — az „élő anyag" névvel megjelölt, nem sejtes szerkezetű lényekre vezetjük vissza. Ebből az ősi élő anyagból, ős-protoplazmából a biológiai fejlődés törvényszerűségei alapján fejlődtek ki a sejtes élőlények, majd a soksejtű szervezetek.

Arra vonatkozóan, hogy milyen lehetett ennek az ősi élő anyagnak a szerkezete, jórészt csupán feltevésekre szorítkozhatunk, és csak annyit mondhatunk, hogy bonyolult, összetett koacervátum-cseppecskék lehettek, amelyeknek minden nyomát eltüntették az eltelt évmilliárdok.

Az evolúciónak azt a szakaszát, amely az élő anyagtól a sejtes szerkezet kialakulásáig tartott, szintén csak következtetések alapján, valószínű körvonalaiban ismerjük. A legtöbb támpontot a ma is élő legkezdetlegesebb élőlények vizsgálata révén nyerhetjük, ugyanis ezek között olyan típusok is vannak, amelyek átmeneti formának foghatók fel a sejtes szerkezet kialakulása felé vezető úton.

A sejtes szerveződés első lépésének azt a folyamatot tekintjük, amikor az ős-protoplazmában az anyagcserefolyamatok két legfőbb lebonyolító rendszere alakilag elkülönülő területekre koncentrálódik: az ősi élő anyagban elkülönül a sejttest (citoplazma) és a sejtmag (nukleusz). A második lépésben főleg a sejt citoplazmájában sejtszervecskék, vagyis különleges működéseket végző részek képződnek, például mozgásszervecskék jelennek meg ún. csillók és ostorok alakjában. És végül — jól megkülönböztethető módon — megtörténik a növényi és az állati sejt típusának az elkülönülése a jellegzetes növényi illetőleg állati életforma kialakulásával. Ennek megértéséhez azonban néhány mondatban ki kell térnünk az életjelenségek kérdésére.

Minden élőlényre jellemző, mint mondottuk, hogy olyan egyediséggel rendelkező, organizált rendszer, amelynek létezési feltétele a környezettel folytatott állandó anyag- és energiaforgalom. A környezetből minden élőlény anyagokat vesz fel, azokat lebontja (disszimilálja), majd átalakítja, saját testanyagává építi fel, egyszóval: asszimilálja. Ugyanakkor bomlástermékek, fel nem használható anyagok keletkeznek vagy maradnak vissza, ezeket az élőlény visszajuttatja a környezetbe. Mindezek a kémiai folyamatok energia-felszabadulással és energia-felhasználással járnak együtt. Az élőlény azonban nemcsak anyagcserét folytat, hanem növekedik, fejlődik, szaporodik, ingerelhető, mozog stb. Az anyagcsere és a felsorolt folyamatok együtt jelentik az életjelenségeket, amelyek végső fokon mind az anyagcserére vezethetők vissza.

Az anyagcsere folyamán az élőlény a saját testét építi, tehát *növekedik*. A növekedés mint mennyiségi változás az élőlény felületének- és tömegének viszonyában eltolódást hoz létre, s ez minőségi változással jár, vagyis a növekedés *fejlődést* vált ki. A fejlődés bizonyos szakaszán bekövetkezik az élő test *szaporodása*. Az előlény anyagcseréjében a környezet megváltozása természetesen módosulást hoz létre, az anyagcsere reagál, „válaszol" a környezeti változásokra. Ezt a képességet *ingerlékenységnek* nevezzük. A környezeti ingerre, vagyis változásra az anyagcserében bekövetkező módosulás gyakran az élő anyagban olyan vegyi változást jelent, amely a szervezet átrendeződésével jár: az ingerre adott válasz a *mozgás*.

Az anyagcserével és a többi életjelenséggel kapcsolatos energia-szükségletet az élőlények kétféleképpen fedezik. Vannak olyan szervezetek, amelyek a *napfény energiáját* különleges zöld sejtszervecskék: klorofill-testek segítségével kémiai energiává tudják átalakítani. Ez a kémiai energia már felhasználható arra, hogy az asszimiláció során szervetlen molekulákból — pl. vízből és széndioxidból — az élőlény szerves anyagokat állítson elő. Az energia-nyerésnek másik módja, hogy az élőlény az anyagcseréje során *kémiai energiát* szabadít fel nagy *szerves molekulák* szétbontása során. Végül vannak olyan kezdetleges élőlények, pl. egyes baktériumok, amelyek szintén az anyagcseréjükkel szabadítanak fel kémiai energiát, de olyképpen, hogy *szervetlen anyagokat* oxidálnak.

Ez az utóbbi csoport viszonylag jelentéktelen, tehát az élőlényeknek tulajdonképpen két fő típusa van. Az egyik fényenergiát felhasználó klorofill segítségével szervetlen kis molekulákból szerves óriás molekulákat tud felépíteni, tehát nem szorul arra, hogy táplálékában nagymolekulájú szerves anyagok legyenek. Ezek az élőlények a zöld növények. Az élőlények másik csoportja anyagcseréjében feltétlenül arra szorul, hogy készen kapjon nagymolekulájú szerves anyagokat, s ezek lebontásával szerezze meg az életfolyamataihoz szükséges energiát, valamint a saját teste szerves anyagainak felépítéséhez szükséges egyszerű szerves molekulákat. Ezek az élőlények tehát rászorulnak a zöld növényekre, hiszen szerves molekulákat csak a növények képesek a szervetlenből felépíteni. A zöld növényekre utalt élőlények közé tartoznak egyes növények, pl. a legtöbb baktérium, a gombák, valamint az egész állatvilág és az ember.

A zöld növények és az állatok tehát alapvetően abban különböznek egymástól, hogy anyagcseréjük lényegesen eltérő.

Ha az élővilágot szemléljük, általában úgy gondolhatnánk, hogy a növények és az állatok megkülönböztetése még a kis gyermek számára is nyilvánvalóan két merőben más típus jelent. Mihelyt azonban az alacsonyrendű növények és állatok megkülönböztetéséről van szó, például mikrószkopikus, egysejtű élőlényeket próbálunk meghatározni, nem marad más megkülönböztető jegy, mint az anyagcsere. Amennyiben az egysejtű képes szervetlen kis molekulákból szerves anyagot felépíteni, növé-

nyi szervezetnek kell tekintenünk, viszont ha csak szerves molekulák felhasználása révén tudja anyagcseréjét, életét fenntartani, akkor állatról van szó.

Ezek után joggal felvetheti bárki azt a kérdést, hogy az élet keletkezésekor milyen jellegű élő anyag képződött? Vagyis a növényi vagy az állati anyagcsere típusa alakult-e ki az ős-protoplazmában? Erre a kérdésre határozott választ nem tudunk adni, és a tudományos vita e körül még nem tekinthető lezártnak. A nehézséget az okozza, hogy valószínűleg ez a kérdés csak a sejtes életforma kialakulása után, tehát az élővilág fejlődésének bizonyos fokán dőlt el. A jelenleg legelfogadottabb elgondolás szerint az első élőlényeket, tehát a még nem sejtes szerkezetű élő anyagokat a környezeti adottságok nem szorították arra, hogy szervetlen molekulákból építsék és gyarapítsák testüket, folytassák anyagcseréjüket. Hiszen az élő anyag megjelenését és kialakulását megelőző hosszú időszakban a szerves anyagok óriási mennyisége képződhetett, s ezekből jöttek létre maguk az első élő protoplazma-cseppecskék is. Ahogyan lassan megszűnt a lehetősége a Földön annak, hogy szerves molekulák az élőtől független (abiogén) módon képződhessenek, s a meglevő szerves anyagokat részben az első kezdetleges élők elfogyasztották, részben pedig kémiai folyamatok során elbomlottak, — előtérbe kerültek azok az ősi élőlények, amelyek a kiválogatódás következtében már tökéletesebb szerveződés fokára jutottak, vagyis sejtes szerkezetük volt.

A sejtes szerveződésű élőlények legegyszerűbb típusai csak egyetlen sejtből állanak: ezek az egysejtűek vagy véglények. A mai véglények közt ismerünk olyan fajokat, amelyek klorofill testecskékkel rendelkeznek, és fényben növények módjára folytatják anyagcseréjüket, míg fény hiányában állati anyagcserére térnek át. Ezek az egysejtűek ostorszerű mozgási szervecskével élénken mozognak, s ezért ostoros véglényeknek nevezik őket. A tudomány mai állása szerint ezek ősei képviselhették azokat a szervezeteket, amelyekből egyik irányban a növényi, a másikban az állati soksejtű élőlények fejlődtek ki.

Az élővilág fejlődéstörténetének első feltételezett állomásait tehát a következőképpen foglalhatjuk össze:

Az első élőanyag-cseppecskék, az ősi protoplazma-cseppek valószínűleg szerves anyagokból táplálkoztak, tehát tulajdonképpen az állati anyagcsere típusa szerint. A táplálékul szolgáló szerves anyag jórészben az élet megjelenése előtti időkben képződött, részben pedig más kezdetleges élőlényekből származott. Ezekben az ősi élőlényekben a kiválogatódás révén megkezdődött a tökéletesebb szerveződés, valamint az anyagcsere más formáinak a kifejlődése is. Ezen az úton alakult ki a sejtes szerveződésű élőlények első típusa, az egysejtű típus. A fejlődésnek ez az állomása azt jelenti, hogy olyan élőlények keletkeztek, amelyek 1. vagy a fényenergiát, 2. vagy a szervetlen anyagok oxidációs energiáját, 3. vagy a szerves molekulák elbontásából származó kémiai energiát használták fel. Ezek az egyes típusok a fejlődés különböző fokán napjainkban is megtalálhatók. A baktériumok és a kékmoszatok például még nem tökéletes sejtes szerkezetűek, de mind a növényvilágnak, mind az állatvilágnak ismerjük számos tökéletes szervezettségű egysejtű létformáját is. Így például a zöldmoszatok közt sok egysejtű növényfajt ismerünk, az ázalékállatkák pedig egysejtű állati szervezetek. A növényi és állati egysejtű típusai közt átmeneti formaként jelentek meg az ostoros véglények, amelyeket a soksejtű szervezetek két fő típusa: a növény és állat ősének tekinthetünk. A soksejtű szervezetek kialakulása és fejlődéstörténete már a további fejezetek tárgykörébe tartozik.

Külön meg kell itt emlékeznünk a vírusokról, melyekről manapság sokat hallunk mint súlyos betegségek okozóiról. Vegyi szerkezetüket tekintve a vírusok nukleinsavból és fehérjéből állanak, s e tekintetben megegyeznek az élőlényekkel. Anyag-

cserét folytatnak, szaporodnak, tehát életjelenségeik vannak. Ámde anyagcseréjük csak akkor van és csak akkor szaporodnak, ha *élő sejtbe jutnak.* Élő sejten kívül úgy viselkednek, mint az élettelen anyagok. Ezeket a csak elektronmikroszkóppal látható roppant kicsi testeket tehát úgy kell felfognunk, mint amelyek az élő és élettelen határán vannak. Sokan ebből arra következtettek, hogy a vírusok mint nem sejt-szerkezetű élő anyagok jelentik az átmenetet a még nem tökéletesen sejtszerkezetű baktériumok és az egysejtű létforma irányában. Általában azonban elfogadottabb az a nézet, hogy a vírusok az élősködő életmód következtében keletkeztek már jóval a fejlődésnek azon a fokán túl, amikor a sejtek kialakultak. Ismeretes biológiai tény, hogy a parazita életmód következtében az élőlények elcsökevényesedhetnek, és eltűnhetnek bizonyos szervek; pl. a galandférgeknek nincs bélcsatornájuk, mert a bélben élősködnek, ahol a megemésztett táplálékot közvetlenül felvehetik. A vírusok eszerint olyan fehérje-nukleinsav egységek, amelyek valamely sejtben élősködve a gazda-sejt meglevő sejtalkatrészeit használják fel a saját anyagcseréjüket lebonyolító rendszer kiegészítésére.

KÉRDÉSEK AZ ÉLET KELETKEZÉSÉVEL KAPCSOLATBAN

Befejezésül még három, bizonyára felvetődő kérdésre kell válaszolnunk. Az egyik, hogy vajon a világmindenségben más égitesten lehet-e élet? Erre az anyagról és az élőről szerzett ismereteink alapján csak azt felelhetjük, hogy igen. Mert bármely égitesten, amelyen az anyag mozgásának a hőmérséklettel kapcsolatos folyamata a földihez hasonló feltételek szerint ment vagy megy végbe, — az élő anyag kialakulása felé vezető fejlődés, összetetté-válás szükségszerűen bekövetkezik. Ha ezután az égitest a „Napjától" való távolsága, forgási és keringési sebessége, tömege alapján az élet feltételeit is tudja szolgáltatni, akkor az élet szükségképpen meg is jelenhet. Az összes feltételek egyidejű jelenléte persze nem nagyon gyakran következhet be, de ha csak a mi tejútrendszerünk több milliárd égitestjére gondolunk, akkor is valószínű, hogy másutt is volt, van, vagy lesz élet.

Hogy milyen jellegű, testű és kémiai összetételű lények képződhetnek más égitesteken, azt nagyon nehéz lenne eldönteni. Bizonyos, hogy az élet más anyagi rendszerekben, más vegyi összetétellel, más energia-felszabadító folyamatokkal is kialakulhat, mint a földi élet. Így esetleg sokkal alacsonyabb hőmérsékleten, víz helyett pl. ammónia közegben vagy szénvegyületek helyett szilícium vegyületekkel, oxidációs energianyerés helyett más folyamatokkal működő élet is elképzelhető — elvileg. Valószínű azonban, hogy teljesen más feltételek közt kialakuló élet formai, alaki megjelenése többé-kevésbé a földi típusnak felelhet meg, bár e téren jórészt csak a fantázia szabad csapongására vagyunk utalva, és tudományosan megalapozott vagy éppen bizonyított adatunk egyelőre nincsen. Más bolygók műszeres vizsgálata, sőt esetleg az ember közvetlen űrutazása azonban már nem tartozik az elérhetetlen jövő távlatába.

A másik kérdés: vajon keletkezik-e napjainkban is Földünkön élet? Erre nagy valószínűséggel tagadó választ adhatunk. Láttuk, hogy azok a geofizikai és geokémiai események visszavonhatatlanul elmúltak, amelyek az anyag „fejlődésében" a szerves molekuláktól az élőlény kialakulásáig vezettek. De még ha szerves anyagok itt-ott (vulkanikus környezet stb.) meg is jelennének, azok áldozatul esnének a már meglevő élőlények szervesanyag-fogyasztó tevékenységének, vagy pedig a már tökéletesedett, meglevő élővilággal szemben a létért folyó küzdelemben behozhatatlan hátránnyal indulnának, feltétlenül alul maradnának.

Végül ma már felvetődik az élő anyag mesterséges előállításának kérdése is. Ebben a vonatkozásban még csak jóslásokról lehet szó, de a tudományok haladásának ütemét tekintve már nem csupán a regényírói témák körébe tartozik. Bizonyos, hogy az élő anyag legegyszerűbb formája is olyan bonyolult viszonylatokban álló, sokféle és ugyancsak bonyolult szerkezetű szerves molekulákból áll, amelyek számára szervetlen anyagok (víz, sók stb.) meghatározott mennyisége és minősége szolgáltat

olyan fizikai-kémiai feltételeket, hogy azok életfolyamatokat végző rendszert alkossanak. Az is bizonyos, hogy az élő anyag legfinomabb szerkezetéről, fizikai-kémiai tulajdonságairól, biológiai képességéről még sok mindent nem tudunk. Ám azok az ismeretek, amelyekkel ma az anyagról általában rendelkezünk, azok a kísérleti berendezések, amelyek birtokunkban vannak és végül a dialektikus gondolkozás módszere, már ma arra engednek következtetni, hogy az élet feltételeinek még pontosabb megismerése után előbb-utóbb meg fogja oldani a tudomány az élő anyag szintézisét.

Második rész

A NÖVÉNYVILÁG KIALAKULÁSA

Írta:

Andreánszky Gábor

MIRE TANÍT AZ ŐSNÖVÉNYTAN?

Földünk mai növénytakarója, valamint az édesvizek és tengerek növényvilága évszázmilliók alatt végbement fejlődés eredménye. Hosszú idő kellett ahhoz, hogy a növények mai alakjukat és szervezettségüket megszerezzék és életmódjuk a környezetnek megfelelően kialakuljon. Eközben a régi növénytípusok fokozatosan eltűntek, és új típusok keletkeztek. Ezek az újak egyre inkább hasonlítani kezdtek a ma élőkhöz, míg a régiek a maiaktól erősen különböztek. A növényvilág állandóan változik. Amióta az élőlények változékonyságának a gondolata bevonult a természettudományi gondolkodásba, — a természetkutatás egyre nagyobb érdeklődéssel fordul az élővilág történetének, kifejlődésének a problémája felé. A mai növények ismerete alapján ennek a történetnek a menete és állomásai csak igen bizonytalanul körvonalazhatók. Kézzelfogható adatokkal szolgálnak azonban azok a kutatások, amelyeket a tudomány a Föld rétegeiben talált növényi kövületeken,lenyomatokon és egyéb nyomokon végez. A növényi életnek ezekkel a múltból visszamaradt tanúival foglalkozik az ősnövénytan. Az ősnövénytan nyújtotta bizonyító erejű adatok már sokkal szemléltetőbben és megfelelő időbeli sorrendben tárják elénk a növények törzsfejlődését, valamint a Föld növénytakarójának a kialakulását. Minden evolúciós elmélet csak akkor helyes, ha az ősmaradványok adataival összhangban van.

Földünk rétegei többféleképpen őrizték meg a letűnt idők növényeit. A legtöbb a *szenesedett maradvány*, a *lenyomat*, és a *kövület*. Ha a levél, termés, ágrész stb. a vízbe hull és ott finomszemcsés ásványi réteg, iszap vagy vulkáni szórt anyag betakarja s ezáltal levegőtől, illetve oxigéntől elzárja, — a növényi rész nem korhad el, hanem fennmarad. Idővel vegyileg átalakul, szénben dúsul, elszenesedik. Sokáig megtartja sejtes szerkezetét. Különösen az ellenálló részek, mint a növény felületét bevonó kutikula, a spórák és pollenszemek sejtfala tartja meg alaki sajátságait, s így jól meghatározható. Sokszor több nemzetségben találunk egyforma levél-alakokat, azonban kutikuláris szerkezetük különbözik. A légrések és az azokat körülvevő sejtek sajátságai az egyes nemzetségekre jellemzők. Ha azonban a viszonyok nem ennyire kedvezők, akkor a szerves anyag egészen eltűnik, a sejtes szerkezet nem vizsgálható, s ilyenkor csak a lenyomat marad vissza. A lenyomat a levél körvonalait és az erezetet sokszor a legkisebb részletekig megóvja.

Nagy tömegű szerves anyag — így pl. összehordott spórák és virágporszemek, nagy mennyiségű lomb, de különösen fatörzsek — betemetődése kőszénrétegek kialakulására vezet. A szenesedési folyamat sokáig folyik. Kezdetben még megmarad a fatörzs belső szerkezete. Ilyenkor megállapítható, hogy az milyen fajhoz tartozott. A mi fiatalabb fás barna kőszeneinkből (Várpalota, Hidas, Rózsaszentmárton stb.) sikerült kimutatni a kőszénképződéshez szerves anyagot szolgáltató erdő fanemeit. Az idősebb kőszenek általában *amorfok*, szerkezetnélküliek.

Rendkívül ellenálló a spórák és virágporszemek sejtfala, különösen az utóbbiak sejtfalának külső rétege, az exine. A spórák és pollenszemek az egyes nemzetségekre igen jellemzők, így a pollenvizsgálati módszer felbecsülhetetlen szolgálatokat tesz az egykori növénytakaró megítélésében. Sajnos, a kihalt növények spórája, illetve pollenje a legtöbb esetben ismeretlen, és ilyenkor a pollenszemről vagy spóráról nem állapítható meg, hogy milyen növény termelte.

További kutatási módszer a kovásodott fatörzsek vizsgálata. A kovásodás magas kovatartalmú hőforrások körül, hévvizek mentén történt, s a törzs szerkezetét sokszor igen jól megtartotta. A törzsszerkezet is akkor becses, ha a ma élőkkel való összehasonlítással megállapítható a nemzetség. Kihalt nemzetségek esetében már nehéz a fa többi részével való összefüggés megállapítása.

Az ősnövénytan mindezeket a maradványokat felhasználja, és az összes vizsgálati módszer igénybevételével igyekszik minél hűbb képet kapni a múlt növényzetéről. A növényi ősmaradványok ismerete mintegy 2000 évre tekint vissza, de a maradványok helyes megítélése újabb keletű, és komolyabban csak alig több, mint száz éve lendült fel. Az ősnövénytan csak akkor válhatott igazi tudománnyá, amikor felismerték, hogy a leletek, amelyek körvonalaikban növényi részeknek felelnek meg, nem a természet játékai, hanem a múltban élt növényektől származnak. Arról is meg kellett bizonyosodnia a természettudományi gondolkodásnak, hogy e leletek keletkezése nincs különleges eseményekhez, ún. katasztrófákhoz kötve, hanem természetes folyamat, amely kedvező helyeken és kedvező körülmények közt mindig bekövetkezik.

Az elmondottak meggyőzhetnek bennünket arról, hogy bármennyire is természetes folyamat a növényi részek fennmaradása a Föld rétegeiben, mégis csak igen kevés helyen és csak egyes rétegekben találhatók növénymaradványok. Ezek is csak elenyésző részben vannak feltárva, s többségük még ismeretlenül a rétegekben fekszik. Ebből következik, hogy ősnövénytani ismereteink roppant hiányosak. A törzsfejlődésre vonatkozó ismereteinkben még ma is hézagok vannak, és a növénytakaró történetébe is minduntalan ismeretlen szakaszok ékelődnek be. De az ősnövénytan még így is sokkal értékesebb és biztosabb adatokat szolgáltat a növényzet történetéről, mint a jelenlegi növényvilág tanulmányozása egymagában. Ez utóbbi csak a jelenre, tehát a fejlődéstörténet egyetlen pillanatára vonatkozik, míg az ősnövénytan a növényeken és azok együttélésében bekövetkező változásokat évszázmilliókon keresztül követni tudja.

Az ősnövénytan sok tekintetben különbözik az ősállattantól. Így pl. története, célkitűzései és jövő perspektívái is mások. Az ősállattan szorosan a földtani kutatásokkal együtt fejlődött ki, s elsősorban geológusok foglalkoztak vele. Az ősnövénytan kezdettől fogva botanikai tudomány volt. Míg az ősállattan főképpen tengeri állatok maradványaival foglalkozik, addig az ősnövénytan elsősorban szárazföldi növényekkel. Az ősállatok sokkal értékesebbek a rétegtan számára. A növények csak egyes időszakokban (pl. karbon) nyújtanak kellő adatokat. Az ősállatok, miután sejtjeiket nem veszi körül sejtfal, finomabb szerkezetükben nem vizsgálhatók. Az ősnövények belső szerkezete igen fontos vizsgálati módszere az ősnövénytannak.

A növény sokkal nyíltabb szerkezet, mint az állat. Egyetlen növényi részből a többire még nem következtethetünk. A külön-külön talált növényi részek összetartozása mindaddig bizonytalan, amíg legalább egyszer nem találták őket szerves összefüggésben.

Míg magában a növény nyíltabb szervezet, mint az állat — a növényi társas életet szorosabb és szigorúbb törvényszerűségek irányítják, mint az állatközösségekét. Ilyen szempontból a növényi társulástan (cönológia) sokkal kiterjedtebb és több ered-

ményt felmutató tudományág, mint az állatcönológia. A múltra visszavetítve nem is beszélhetünk egyelőre állatcönológiáról. Ezzel szemben a növényi őstársulástan egyike az ősnövénytan legkorszerűbb irányainak. Ez azzal is kapcsolatos, hogy a növény sokkal szorosabb összefüggésben áll környezetével, annak adottságaira és változásaira sokkal érzékenyebben reagál, mint az állat. A növények tehát értékes éghajlatjelzők. Az állatok — miután elterjedésük nem közvetlenül a környezeti adottságok, hanem inkább a növénytakaró függvénye — csak másodlagosan lehetnek éghajlatjelzők.

A növényország története, amelyet itt olvasóink elé tárunk, s amely az ősnövénytani kutatásokon alapszik, — a változások és a fejlődés sok mozzanatát fogja követni. Az első a növény történeti feljlődése, az evolúció, más szóval *filogenezis vagy törzsfejlődés*. Ez magában foglalja a növények szerveződésében beálló változásokat, azok indító okait, a különböző irányokat, melyeken ezek a változások végbemennek, és a fejlődés fokozatait. Ám a testi szerveződés megváltozásával együttjár a növény életmódjának a megváltozása is. Ez rávezet bennünket arra a kapcsolatra, amelyben a növény környezetével áll. A környezet megszabja az életformát, életmódot, valamint a növény elterjedési területét is. Az egy területen élő növényfajok együtt a terület flóráját adják. A flóra ugyancsak fejlődés eredménye és állandóan változik. Végül minden növény nemcsak az élettelen környezettel, hanem szomszédaival is kapcsolatban áll. Ezt a kapcsolatot is törvényszerűségek irányítják, és szintén változik, fejlődik. Ez a társulás-fejlődés vagy *cönogenezis*.

Három irányú fejlődést kell tehát a korokon keresztül nyomon követnünk. Először: a törzsfejlődést, amely a növényen magán figyelhető meg. Másodszor: a flórafejlődést, amely a növények térbeli terjeszkedésében és a terület mindenkori flórájának összetételében beálló változásokban csúcsosodik ki. Ezt a jelenlegi flórával foglalkozó növénytudományok egyik ága, a fejlődéstörténeti növényföldrajz kutatja. Végül: a társulásfejlődést, amely a növény és növény közti kapcsolatok kialakulását öleli fel.

Mindhárom fejlődéstörténet külön-külön is követhető, egyúttal azonban a legszorosabb kapcsolatban van egymással. A filogenezis, a fejlődéstörténeti növényföldrajz és a cönogenezis — az élő növényvilággal foglalkozó botanika korszerű és nagy fejlődésben levő ágai. A korszerű ősnövénytannak az a feladata, hogy mindazokat a törvényszerűségeket, amelyek a mai növényvilágot kormányozzák, a múltba visszavetítve is kikutassa.

Itt említjük még meg röviden, hogy az élővilág fejlődéséhez nélkülözhetetlen a földtörténet korok szerinti áttekintése. Az ősnövénytan ugyanazt a beosztást használja, mint a földtan és az ősállattan. A Föld történetének azt az időszakát, amelyben növények és állatok élnek a Földön, három nagy korra tagoljuk: *ókor*ra, *középkor*ra és *újkor*ra.

Az egyes korokat időszakokra osztjuk. Az ókor időszakai: *prekambrium, kambrium, ordovicium* (vagy alsó szilur), *szilur* (vagy felső szilur), *devon, karbon* és *perm*. A kambriumban és az ordoviciumban még csak kezdetleges felépítésű moszatok népesítették be a vizeket, a szárazföldi életről való maradványok bizonytalanok. A száras növények első biztos képviselőit a szilurból ismerjük, attól kezdve rohamlépésekkel halad a növényvilág kifejlődése. A permben alakultak ki nagyobb számban a fenyők. Ez az időszak mintegy 200 millió évvel ezelőtt ért véget.

A középkor három szakaszból áll: a *triász*ból, a *jurá*ból és a *krétá*ból. A krétában sokasodnak el a zárvatermők. Érdemes megjegyezni, hogy a növényi élet kifejlődésének főbb mozzanatai egy-egy időszakkal megelőzik az állatokét.

Mintegy 60—65 millió év előtt kezdődik az újkor, amely két részből áll: *harmad-* és *negyed*korból. A harmadkort tovább tagoljuk *paleocén*re, *eocén*re, *oligocén*re,

amelyek együtt az óharmadkort (*paleogén*), továbbá *moiocén*re és *pliocén*re, amely utóbbiak együttvéve az újharmadkort (*neogén*) alkotják. A harmadkor folyamán a növénytakaró az egész Földön közeledik mai arculata felé, és egyre több olyan növénytípus illetve faj alakul ki, amely ma is él.

Csak mintegy egymillió év esik a negyedkorra, amelyet a nagy lehűlés időszaka, a jégkor jellemez.

A törzsfejlődés menetéről általában

A törzsfejlődés a biológiai tudományoknak olyan ága, amely csak részben nyugszik kézzelfogható adatokon. Sok kérdést elképzelésekkel és elméletekkel kell áthidalnia. Ez már egymagában megmagyarázza azt, hogy miért alakultak ki a legkülönbözőbb elméletek. Mégis vannak meggondolások, amelyeket az összes elméletnek figyelembe kell vennie. Ilyen elv pl. az, hogy minél kevesebb tulajdonságban különbözik két élőlény, annál közelebbi leszármazási rokonságban vannak egymással. Ugyanakkor valószínűtlen, hogy két különböző fejlődési soron levő növény több megfelelő sajátságot szerezzen meg. Ha tehát egy új növényalak valamely régitől csak egy sajátságban különbözik, a többitől több sajátságban, akkor az elsővel kell leszármazási kapcsolatokra gondolnunk.

A növénynek olyan szervet, amely csak teljesen kifejlődött állapotban működőképes, hirtelen kell megszereznie. Olyan szervet vagy sajátságot, amely már kezdetleges fejlődés esetén is előnyös, fokozatosan is megszerezhet. Így pl. a levélfelület nagyobbodása fokozatos. De olyan berendezkedés, mint a rovarfogó csapda — csak akkor működik, ha teljesen kifejlett. Csökevényes, nem működő szerv nem alakul ki. Ha egy növényen csökevényes szervet látunk, gondoljunk arra, hogy az egy korábban működött szerv elcsökevényesedése. A növény tehát olyan ősöktől származik, amelyeken az illető szerv működőképes volt.

A növény változékonysága a növényben magában rejlő tulajdonság. Új sajátságok azonban csak akkor keletkezhetnek, ha a növény új sajátságaival az adott környezeti viszonyok között életképes marad, illetve életképessége fokozódik. Különben a növény elpusztul. A környezetnek a sajátságokra *kiválogató hatása* van.

A törzsfejlődés során Földünk minden helyére, a legkülönbözőbb éghajlati viszonyok alá megfelelő növényzet alakult ki és terjedt el. A kezdetleges növényalakok általában csak a legkedvezőbb, tehát kellően meleg és nedves környezetben voltak életképesek. Idővel azonban a törzsfejlődés során olyan növények fejlődnek ki, amelyek egyre alacsonyabb hőmérsékletű, illetve szárazabb helyeken találják meg optimumukat. Egy másik irányban a növény az adott környezetben egyre nagyobb termetűvé fejlődik. Ez esetben azonban a magas termetű növények alatt kialakult űrben (amelynek környezeti adottságai már a növények alkotta sátornak a függvényei) új növény-alakok fejlődnek ki, amelyek a növénysátor alatt találják meg életlehetőségeiket. Tehát két nagy irányt észlelhetünk: a *térhódítást* és a *növénytakaró szinteződését*, illetve annak fejlődését. A növények minden esetben új környezeti körülmények közé kerülnek, amelyek különleges szerveződést követelnek meg. Ez hozta létre a növényvilág roppant változatosságát.

Minden növény utódaiban változékony, a növények közt folyó kölcsönös megtermékenyítés azonban a változékonyság ellen dolgozik, mert a különbségeket kiegyenlíti. Új növényalakok kifejlődésére ott van tehát nagyobb esély, ahol csak kevés egyed közt történhetik ilyen sajátság-kiegyenlítődés, ahol tehát az illető fajnak csak kevés

egyede van jelen. Nagy állományokban a fajoknak ily módon való keletkezése kisebb esélyű. Trópusi erdőkben, ahol rengeteg fanem él együtt (tehát egy fajból kevés egyed van), továbbá hegyvidékeken, ahol a különböző magasságokban más a virágzási időpont, végül szigeteken, ahol a fajnak csak kisebb állománya él elszigetelve a faj fő elterjedési területétől — sokkal nagyobb eséllyel keletkezhetnek és keletkeznek is új fajok.

Bármennyire ellentétesek legyenek a növények törzsfejlődésére vonatkozó elméletek, abban megegyeznek, hogy a törzsfejlődés nagy általánosságban az egyszerűtől a tagoltabb, hosszú időn keresztül a kis termetű felől a nagyobb termetű felé, a mozgó életformától a helyhezkötött felé haladt. Közben történtek egyszerűsödések is, például kétségtelen, hogy a zárvatermők legelső típusai fák voltak, s így a fűneműek is fatermetű ősöktől származnak. Igen fontos feladata a fejlődéstörténeti kutatásoknak, hogy ne csak a leszármazási kapcsolatokat, hanem azok irányát is megállapítsa: vajon tagolódás vagy leegyszerűsödés történt-e? Az is általánosan elfogadott elv, hogy a vegetatív szervek sokkal jobban ki vannak téve a környezeti hatásoknak, s ezek változására hamarabb módosulnak, mint a szaporítószervek.

Amint a törzsfejlődést, úgy a flóra- és társulásfejlődést is általános törvényszerűségek irányítják. Új faj egy terület flórájában vagy a törzsfejlődés, vagy bevándorlás következtében jelenik meg. Éppúgy állandóan folyik mindkettő ellenkezője is: a kihalás és az elvonulás. Általános törvényszerűség, hogy a keletkezett új faj erősen terjedőképes, az elöregedett pedig konzervatív, sőt veszít elterjedési területéből. Ezzel kapcsolatos az a körülmény is, hogy fiatal fajoknak sokkal nagyobb az alkalmazkodóképességük. Idős korban már csak bizonyos szűk környezeti adottságok közt életképesek. Ezen alapszik a társulásfejlődés is. Amíg a fajok változékonyabbak, nincsenek kötve meghatározott élettelen és élő környezethez, addig erősen keverednek és nem csoportosulnak szabályszerűen ismétlődő társulásokba, amelyek összetétele, arculata és életmódja meghatározott. Később veszítve változékonyságukból, ilyen társulásokba tömörülnek és azokhoz többé-kevésbé hűek lesznek.

Mindezekből kitűnik, hogy a különböző történések szoros összefüggésben vannak egymással, és alapjuk a törzsfejlődés. A továbbiakban igyekezni fogunk ezt a törzsfejlődést úgy vázolni, amint az a növényi együttesbe beilleszkedő, egymással társulási viszonyba lépő új egységeket teremt, és ahogyan azok együttesen Földünk mindenkori növénytakaróját felépítik.

A LEGŐSIBB NÖVÉNYEK

A növényi élet első nyomai

A legősibb földtörténeti rétegek nem tartalmazzák élőlények nyomait. Azt az időpontot, amikor az élet Földünkön kialakult, 3—4 milliárd évvel ezelőttre teszik. Ha tehát a Föld szilárd kérge 4 milliárd évvel ezelőtt alakult ki, akkor a Földön kb. kétmilliárd évig semminemű élet nem volt.

A legősibb növényekről, azok alakjáról és szerveződéséről inkább csak elképzeléseink vannak. Abban azonban a szakemberek megegyeznek, hogy az első növények mikroszkopikus kicsinységűek és egysejtűek voltak.

Az élet keletkezésével könyvünk első fejezetében foglalkoztunk. Mi tehát csak azokat az elképzeléseket sorakoztatjuk fel, melyek a legelső növényekre vonatkoznak, s hogy azok hogyan viszonyultak a ma élő legegyszerűbb szerveződésű növényekhez.

Az első növények minden valószínűség szerint vízben éltek. Arra nézve megoszlanak a vélemények, hogy édesvíziek vagy tengeriek voltak-e? Ez a kérdés azonban nem olyan jelentős, mint első pillanatban látszik, ha meggondoljuk, hogy az akkori óceán vize korántsem volt sóban annyira dús, mint jelenleg.

Ma a legparányibb és legegyszerűbb felépítésű „élőlények" a *vírusok.* Csak elektronmikroszkóp alatt láthatók. Szerveződésükben nem érik el az egysejtűek tejlettségét, a sejt értékét. Sokszor csak magasabbrendű növényeken okozott kóros elváltozások alapján észlelhetők. Miután magasabbrendű élőlények élősdijei — nem jöhetnek számításba mint legősibb növényi szervezetek. Még kevésbé iktathatjuk be őket a növényvilág törzsfájába mint kiindulópontot. Történetükre vonatkozóan kézzelfogható adataink egyáltalában nincsenek, de ilyeneket nem is remélhetünk, mert a parányi élőlények csak akkor maradhatnak fenn a rétegekben, ha szilárd ásványi vázuk vagy legalább sejtfaluk van. A vírusok ilyennel nem rendelkeznek. Kicsinységük is lehetetlenné teszi észlelésüket a geológiai rétegekben.

Nagyságrendben és szerveződésben a következő helyet a *baktériumok* foglalják el. Rendes fénymikrószkóp alatt már látható lények. Egy részük önálló életmódot folytat, bár ezek sem úgy asszimilálnak, mint a zöld növények, többségük azonban szerves anyagokból táplálkozik. Gömb vagy pálcika alakúak. Sejtmagjuk nincs. Mindkét alaknak megfelelő maradványok már igen régi rétegekből ismeretesek. Ezek vagy elszórtan találhatók, vagy fonálszerű sorokba rendeződve. A mai baktériumokról közelebbi ismereteket tenyésztés útján szerezhetünk. Miután hasonló kísérletekre a maradványok nem alkalmasak, és kémiai reakciókkal sem határozhatók meg, így jelenlegi tudásunk alapján nem sokat mondhatunk róluk. A baktériumok a magasabbrendű növények klorofilljának megfelelő színanyagot nem tartalmaznak. Ezért

nem jöhetnek számításba mint a növényi törzsfa olyan tagjai, amelyekből a magasabbrendű növények leszármazhattak volna. De nem vonhatjuk kétségbe roppant régiségüket.

Már valamivel nagyobbak és magasabb szerveződésűek a — még mindig sejtmag nélküli — kékmoszatok *(Cyanophyta)*. Általában elfogadott nézet, hogy ezek átvezetnek a többi moszaton keresztül a magasabbrendű növényekhez. Így a kékmoszatok vagy hozzájuk hasonló ősi típusok már lehettek a növényvilág kiindulópontjai.

A kékmoszatok kivételével az összes moszat (alga), az összes gombafaj, és az öszszes magasabbrendű növény sejtjében sejtmag van. Úgy látszik, hogy a sejtmag a sejtes szerkezet lényeges feltétele és így a törzsfejlődés fontos mozzanata lehetett, amikor a fokozott fejlődés folyamán a sejtmag megjelent. Egyúttal bizonyos közös származásra gondolhatunk az állatvilággal, miután az állati sejtben is következetesen megvan a sejtmag.

A mikroszkópos kicsinységű élőlények belső szerkezete — különösen a nem szilárd részek — a maradványokon nem láthatók. Természetesen mindeddig a sejtmagot sem lehetett ilyen maradványokon kimutatni. Semminemű adatunk nincs tehát arranézve, hogy mikor, milyen körülmények közt és milyen növényben jelent meg a sejtmag először. Mégis olyan esetekben, amikor a mai sejtmaggal bíró növényalakokhoz (pl. sejtmagvas moszatokhoz vagy magasabbrendű növényekhez) hasonló maradványokról van szó, bármilyen régiek legyenek is, fel kell tételeznünk, hogy azoknak már valódi sejtmagjuk volt. A sejtmag és a sejtfal nincsenek olyan összefüggésben, hogy csak sejtfalas növényekben volnának sejtmagok, hiszen sok csupasz moszatot és csupasz gombát ismerünk (ilyen a legtöbb szaporodósejt), és mindezekben van sejtmag. Tehát a sejtfal sem kritériuma a sejtmagnak. A sejtmag megjelenése elvész az idők messzeségében, de valamikor megjelent, és csak attól az időtől kezdve gyorsulhatott meg nagyobb arányban a törzsfejlődés.

A telepes növények kialakulása

A mai moszatok felépítéséből arra következtethetünk, hogy a már sejtmaggal bíró ősmoszatok kezdetben egysejtűek voltak, majd három irányban fejlődtek tovább. Egyik fejlődési irány az volt, hogy a sejt osztódása után az utódsejtek együtt maradtak, s bár megtartották önállóságukat, együtt bizonyos sejttársulásokat (sejtcsalád, kolónia, cönóbium) alkottak. A köztük fennálló kötelékek különbözők voltak, de minden sejt külön egyedi életét élte. Ez a törzsfejlődési irány sohasem hozott létre erősebb tagoltságú növényalakokat, és csak a moszatokra, legfeljebb még a gombákra szorítkozott. Ma is csak ezek közt találunk ilyeneket.

A másik irányban a sejtmag a sejten belül több magra osztódott, azonban az egyed egész életében egysejtű maradt. A sok sejtmag lehetővé tette ugyan, hogy a sejt nagyobb méreteket (egy-két deciméterig) öltsön, erősebben tagolódjék, alapra és csúcsra különüljön el, de miután a növény egyetlen sejtből állt, az ilyen növényekben ez az egy sejt végezte és végzi ma is az összes életműködést. Nagyobb fokú munkamegosztás nem alakult ki. Ez a fejlődési irány a moszatokon és gombákon jelentkezett, de zsákutcába jutott, és nem eredményezett magasabbrendű növényeket.

Így tehát csak a harmadik fejlődési irány jutott tovább. Ez abban állt, hogy a sejt osztódása után a két utódsejt — közös sejtfallal elválasztva — szorosan együttmaradt. A további sejtosztódás soksejtű növényt hozott létre, ahol a sejtek együttese jelentette az egyedet.

Az egysejtű növény továbbfejlődése során termete, elsősorban asszimiláló felülete növekszik meg. A sejt kezdetben egy irányban osztódott. Eredménye a moszatfonal volt. A fonal sejtjei eredetileg egyenlő alakúak és értékűek voltak; mind végezte az összes életműködést, képes volt továbbosztódni. Később kialakult a fonal alapja és csúcsa, s a sejtek közt részben életfunkciójukat, részben osztódóképességüket tekintve különbségek léptek fel. Egy másik irányban úgy fejlődött tovább a sejtfonal, hogy elágazott. Az elágazás következetesen oldal- (*monopodiális*) elágazás volt és nem csúcsi, vagy villás (*dichotomikus*) elágazás. A fonál valamelyik sejtjének oldalán kidudorodás keletkezett, mely idővel sejtfallal leszeleteIődött a főfonalról és mint annak oldalága fejlődött tovább, kezdetben ugyanúgy, mint a főfonál. Idővel az oldalágak más alakot öltöttek, másképpen ágaztak el, mint a főfonál, más funkciót teljesítettek, és sok esetben korlátolt növekedésű ágrendszert alkottak. A sejtfonál értékű moszatok és gombák, különösen az utóbbiak termőteste, sokszor magasabb fejlettség látszatát keltik, de fejlődésükben visszavezethetők a fonalas állapotra. Sokszor örvös elágazás is létrejött, azaz a főfonál egy pontjáról körben több oldalág indult ki, mint pl. a mészalgákon (*Dasycladaceae*) és a vörös moszatokon (*Rhodophyta*). Éppúgy igen fejlett növényalakok a csillárkák (*Charophyta*), de mindezek csak fonálértékű felépítésűek.

A síkban (két irányban) osztódó sejtből sejtlap, a térben (három irányban) osztódóból sejttest keletkezik. Mindaddig azonban, amíg a sejtek közt nem lépnek fel olyan nagy különbségek, hogy szöveti elkülönülésről beszélhetünk (erről később lesz szó), — a növényi testet telepnek, és az összes ilyen növényt pedig telepes növénynek nevezzük. A sejttest nagyobb tagoltságot ér el, mint a sejtfonál vagy a sejtlap. Gyakran szalagszerűvé alakul, és ilyenkor elágazik. Ez az elágazás azonban eredetileg nem olyan, mint a sejtfonálé, tehát nem oldal-, hanem villás elágazás. A sejttest csúcsa két egyenlő részre oszlik, és két egyenlő értékű és alakú ág keletkezik. Míg tehát a sejtfonál ősi elágazása monopodiális elágazás, addig a sejttest kezdetleges elágazása villás, dichotomikus. A monopodiális elágazás a sejttest értékű növényeken csak sokkal később, a szárazföldön kialakult ún. hajtásos növényeken fejlődik ki. Ez roppant fontosságú megfigyelés, mert vannak olyan elgondolások, amelyek a fonál oldalelágazásából vezetik le a magasabb szerveződésű növények oldalelágazását, pedig az, mint látni fogjuk, a villás elágazásból indul ki. Éppígy az örvösen elágazó magasabbrendű növények (pl. zsurlók) fejlődése sem a fonalas felépítésű moszatok örvös elágazású alakjaiból, hanem a villás elágazású növényekből vezethető le.

A szaporodásmódok törzsfejlődését később fogjuk részletezni. De már most meg kell jegyeznünk, hogy a testi fejlődés és a szaporodószervek fejlődése nem párhuzamos, és a két szervrendszer fejlettségi foka nem egyezik meg. Csak arra kell hivatkoznunk, hogy a gombák szaporodási módja a moszatokénál általában fejlettebb, a gomba mégis megmaradt a sejtfonal fejlettségi fokán. A moszatok közt legfejlettebb testűek és egyúttal legnagyobb termetűek a barnamoszatok (*Phaeophyta*), ellenben legfejlettebb szaporodási módot a vörösmoszatokon (*Rhodophyta*) találunk.

A moszatok sejtjei közt gyakori az elkülönülés fontosabb funkciók végzésére, de fejlődésük legmagasabb fokán is csak telepes növények. Általában vízben, esetleg egyéb nedves közegben vagy nedves felszínen élnek. Ebből világosan arra következtethetünk, hogy a vízi életmód a nagyobb termet eléréséhez sem követelte meg az erősebb tagolódást, mert nem támasztott magasabb követelményeket a növények alkalmazkodása tekintetében. Nem volt szükség gyökérre, mert a növény egész felületével fel tudta venni az ásványi tápanyagokat, s a tápanyagok vezetése és a test szilárdítása sem vált problémává.

Az ősmaradványok közt igen sok a moszatmaradvány. Különösen azok a mosza-

tok maradtak fenn — sokszor roppant tömegben —, amelyeknek a sejtfalában ásványi anyagok rakódtak le. Tömegükkel sokszor kőzetképzők voltak. Az egyes moszattípusok fellépését a korokon keresztül áttekintve megállapíthatjuk, hogy a legrégibb rétegek (prekambriumi, kambriumi) csak egysejtű és fonálszerű moszatok maradványait tartalmazzák. Nagyobb tagoltságú moszatok csak olyan korokból ismeretesek, amikor már a szárazföldön is éltek a moszatoknál magasabbfokú tagoltságot elérő növényfajok. Ez pedig arra mutat, hogy a törzsfejlődés a vízi életmódban lényegesen lassúbb, mint a szárazföldön. Ezt úgyszólván elvnek is mondhatjuk, mert látni fogjuk, hogy a flóra-fejlődés a magasabbrendű vízinövényzetben lényegesen lassúbb és tartalmában is a szárazföldi flóra fejlődése mögött haladt. A vázolt sorrend ezenkívül alátámasztja azt a fejtegetésünket, hogy az egysejtűekből kiinduló törzsfejlődés a fonalas alakon keresztül jutott el a teleptesthez. Végül a szárazföldi növény-alak korai megjelenése pedig arra vall, hogy a magasabb fejlettségű moszat igen hamar megtalálta az utat szárazföldi növénnyé való alakulásához.

Mielőtt azonban ezt a sorsdöntő lépést közelebbről figyelembe vennénk, vessünk egy pillantást az alacsonyabb fejlettségű vízinövények együttélésére.

A moszatok élete a vízben sokkal függetlenebb egymástól, mint a szárazföldi növénytakaró egyes egyedeié. A víz és a tápanyagok rendszerint elegendő mennyiségben állnak rendelkezésre, s így ezekért nem folytatnak küzdelmet egymással. Az egyik moszat kevésbé befolyásolja a másikat, bár az algagyepek és a víz színét tömegesen borító moszatok erősen csökkentik a fényintenzitást. Az éghajlat jellege, az éghajlati tényezők mértéke és periodicitása iránt sem annyira érzékenyek a vízi élőlények, mint a szárazföldiek. A hőmérséklet változásai a vízben csak elkésve és tompítva érezhetők, s a szélsőségek is kevésbé jutnak érvényre, mint a szárazföldön.

A vízi élőlényekről korántsem tudjuk olyan jól leolvasni az éghajlati adottságokat, mint a szárazföldi növénytakaróról. Ezt a legrégibb maradványok alapján már csak azért sem tudjuk, mert nem ismerjük, hogy az akkori maradványok milyen ma élőkkel vannak kapcsolatban. A mai növényekkel való összehasonlítás ti. az egyedüli támaszunk a múlt környezeti viszonyainak megítélésében. A prekambrium és kambrium éghajlati viszonyaira következtetni tehát nem tudunk.

A vízi életmód sokkal kisebb követelményeket támaszt a növényi léttel szemben, mint a szárazföldi. Az egyes vízi szervezetek közt a létért való küzdelem sem olyan élénk, mint a szárazföldiek közt. A törzsfejlődés a vízben sokkal renyhébb, és sohasem vezet olyan nagy változásokhoz, mint a szárazföldön. A magasabbrendű, nagyarányú fejlődésen keresztülment vízi növények (elsősorban a vízi zárvatermők) magas fejlettségüket nem a vízi életmódban szerezték, hanem olyan törzsfejlődési szakaszon, amikor szárazföldön éltek. De ha a vízi és a szárazföldi alakokat egymással összehasonlítjuk, akkor a következőket is kiolvashatjuk. A fosszilis vízi növénytípusok, így elsősorban a moszatok minden alakja ma is él, ha változékonyságában illetve fajszámban vesztett is az illető moszattípus. Ilyenek a mészalgák, amelyek meghaladták törzsfejlődésük zenitjét, de ma is élnek. Ezzel szemben igen sok szárazföldi növénytípus, így az őscserjékhez *(Psilopsida)*, az ősfákhoz *(Cordaitinae)*, a pikkely- és pecsétfákhoz stb. megközelítőleg hasonló vagy rokonságban közelálló növénytípusok ma nem élnek. Ez jól rávilágít a mondottakra. A vízi életmódban, mint mondottuk, a törzsfejlődés is renyhe és a kihalás is elhúzódik. A létért való küzdelem csekély, és így az új növénytípusok nem szorítják ki teljesen a fejletlenebbeket. A vízi életmód nem olyan intenzív, mint a szárazföldi.

Amikor most a vízinövényt elkísérjük a szárazföldi életmódra való áttérésében, sokkal változatosabb életteret, növényi küzdőteret ismerünk meg.

A növény kilép a szárazföldre

A korszerű fejlődéstörténeti kutatások szerint a szárazföldi hajtásos növények valamely magas fejlettségű zöld- vagy barnamoszatból fejlődtek ki. Ez a kifejlődés azzal kapcsolatban történt, hogy a növény a vízi életteret elhagyva kilépett a szárazföldre. Mindaddig, amíg ez végbe nem ment, a szárazföldön valószínűleg csak nedvesebb helyeken volt növényi élet, és ilyen helyeken is csak parányi és alacsony fejlettségű baktériumok vagy moszatok élhettek, olyanok, amilyeneket ilyen közegben, talajban, nedves talaj felszínén ma is ismerünk. Természetesen az akkori talaj is lényegesen különbözött a jelenlegitől, hiszen a biológiai talajképződés még nagyon csekély lehetett.

A kambriumban, mintegy 500—550 millió évvel ezelőtt a víz már benépesült növényekkel. A baktériumokon és moszatokon kívül már gombák is élhettek, de ilyen növényi szervezetek létezéséről csak a következő korokból vannak biztos adataink. A tulajdonképpeni szárazföldi növénytakarónak azonban még nyoma sem volt. A sorsdöntő lépés, amely a törzsfejlődésben ekkor következett be — ti. a szárazföldi életmódra való áttérés — ezt az űrt töltötte be.

A szárazföldi életmódra való áttérés a szilur- és devonkori maradványok tanúsága szerint többféleképpen történt. Ismerünk olyan maradványokat, amelyek törzsszerűek, de a későbbi fatörzsekénél sokkal egyszerűbb belső szerkezetűek voltak, ugyanis csak vékonyabb és vastagabb mikroszkópi nagyságrendű csövecskékből álltak. Ilyen volt az ún. *Nematophyton*, más néven *Prototaxites*, miután felfedezésekor ősi fenyőtörzsnek tartották. Erről újabban az a feltevés, hogy fekvő helyzetű volt és a vizek partján élt. Egy másik típus ugyancsak egyszerű szerkezetű volt; levélszerű bevonatot alkotott a talajon. Ez volt a *Nematothallus*. Ennek felületét — a szárazföldi életmód bizonyítékául — kutikula* fedte. Belsejében nagy tömegben keletkeztek a spórák. Ilyen kezdetleges alakok csak a szilurból és a devonból ismeretesek. Úgylátszik, hogy ez az irány a törzsfejlődésben nem volt célravezető, mert képviselői rövidesen teljesen eltűntek.

Kétségtelenül szárazföldi életmódú növény a gombák igen nagy része. Mint azonban nem asszimiláló, hanem szerves anyagokból táplálkozó növények, nem tekinthetők a növénytakaró aktív tagjainak. Részben növények és állatok parazitái, részben korhadéklakók, s így a közeg, amelyben élnek, nem felel meg az önálló életmódú növény életterének. Biztos nyomaikat csak a devontól ismerjük, de valószínű, hogy már korábban is éltek. A nagy törzsfejlődési vonalnak azonban nem tagjai, hanem oldalágon kifejlődött szervezetek, amelyek sohasem értek el magasabb fejlettséget.

A szárazföldi életmódra való áttérésnek csak az az ága volt eredményes, amely a hajtásos növénytípust hozta létre.

A hajtásos növény kialakulása

Mint elvet állítottuk be elgondolásainkba, hogy a szárazföldi növénytakarót alkotó összes növény vízi alakokból származik. Erre támpontjaink a következők. A hajtásos növény megjelenése előtti időkből csak vízi növények nyomait ismerjük.

* A *kutikula* a levegővel érintkező növényi részek felületi sejtjeit fedő, erősen ellenálló bevonat.

A legősibb szárazföldi hajtásos növények megtartották a legfejlettebb testű moszatok elágazási módját, a villás elágazást. Ezeknek a növényeknek a megtermékenyülése sokáig, a törzsfejlődés most következő tetemes szakaszán keresztül vízhez kötve maradt. Ezt ugyan az ősmaradványokon nem tudjuk kimutatni, de az összes ma élő megfelelő növénytípusok (pl. az összes haraszt) ilyenek — megtermékenyülésük vízben zajlik le.

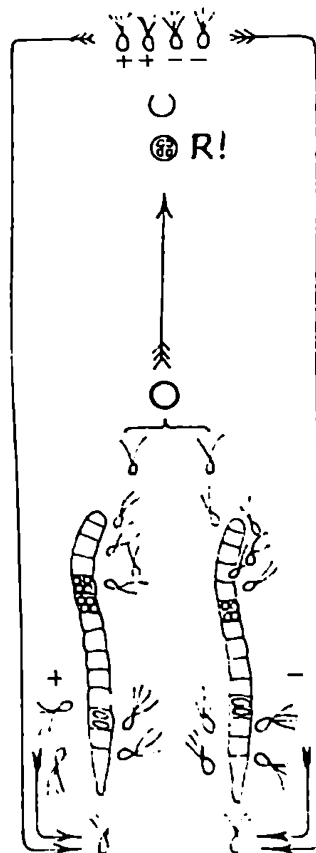
Az itt felhozott mozzanatok két fontos tételre világítanak rá. Először is: a növény szárazföldi életmódjában sokáig megmaradtak olyan tulajdonságok, amelyek új életterében már nem voltak célszerűek, és később el is vesztette őket. Másodszor: a szaporító szervek az élettér és életmód megváltozásával, tehát a külső hatásokra sokkal később reagáltak és alakultak át, mint a növény tenyésző (vegetatív) szervei.

Hogy a törzsfejlődési fokozatokat jobban megérthessük, követnünk kell a szaporodási módok fejlődését.

A legegyszerűbb szaporodási mód az egyszerű *sejtosztódás*. Ez az egysejtű alakokon mindig új növényegyedek keletkezésére vezet. Sok moszat csak ilyen módon szaporodik. Idővel azonban kialakulnak olyan sejtek, amelyek különböznek a testi sejtektől és a szaporodás szolgálatában állnak. Ezek a szaporodósejtek kezdetben mozgók (rajzók), idővel azonban mozdulatlanok is fejlődnek. Az életet az elődből — az összes tulajdonsággal együtt — ezek viszik át az utódegyedbe. Ezek a fajta szaporodósejtek azonban idővel elsatnyulnak, és önmagukban nem fejlődnek új életképes növényegyeddé. A fejlődésnek a következő fokozata tehát az, hogy két ilyen sejt egybeolvad. Az egybeolvadáskor keletkező új sejt a *zigóta*. Ebből alakul ki az új növényegyed. Ezt a szaporodási módot az előbbi ún. *ivartalan* szaporodással szemben *ivaros szaporodás*nak nevezzük. Az egyesülő sejtek az ivarsejtek *(gaméták)*. (1. ábra)

Az ivarsejtek kezdetben nagyságban és értékben egyformák *(izogaméták)*. Ilyen esetben bármely gaméta bármely másik gamétával egyesülhet. Később értékbeli különbségek állanak be köztük *(anizogaméták)*, s csak a különböző értékűek egyesülése vezet új növényegyed kialakulására. Végül különböző nagyságúakká válnak *(heterogaméták)*, amikor is a hím gaméta kisebb, a nőnemű pedig nagyobb. Kezdetben mindkettő mozgó, majd a nagyobb (női) gaméta mozdulatlanná válik; ezt *petesejt*nek, a kisebb, mozgó (hím) gamétát pedig *spermatozoidá*nak nevezzük. A moszatok legfejlettebb módon szaporodó típusán, a vörös moszatokon a kis gaméta is mozdulatlanná válik. Meglehetősen hasonló a gombák szaporodásának a törzsfejlődése, azonban itt a gaméták mozdulatlansága általánosabb, és idővel a gaméták közti különbségek ismét elsatnyulnak.

Az ivaros szaporodás mindig sejt- és egyben sejtmag-egyesüléssel jár. Mint ismeretes, a sejtmagban határozott számú kromoszóma van. Egyesüléskor ez a szám megkettőződik. Így mindig közbeiktatódik egy számcsökkentő osztódás. Ez



1. ábra. A moszatok ivartalan és ivaros szaporodása. Lent négycsillangós rajzók, melyek új egyedekké lesznek. Feljebb kétcsillangós anizogaméták, melyek egyesüléséből zigóta (vastag vonallal kihúzva) fejlődik. Ez számcsökkentő (R!) *osztódással rajzókra oszlik (A Strasburger-féle tankönyvből)*

az osztódás az ivaros szaporodás alacsonyabb fokán vagy közvetlenül a sejtmag egyesülése előtt, vagy közvetlenül az után történik. A magasabb fejlettségű növényeken azonban az egyesülés és a számcsökkentő osztódás közé a növénynek egy bizonyos életszakasza iktatódik be. Minden növény élete ettől kezdve két szakaszból áll; egy ivarosból és egy ivartalanból. Ezt nevezzük *nemzedékváltakozás*nak. A növény ivaros életszakasza a számcsökkentő osztódással kezdődik, amikor is a spórák keletkeznek, amelyek kromoszómaszáma egyszerű. A spóra eszerint számcsökkentő (redukciós) osztódással keletkező, rendszerint egysejtű szaporodószerv, amelynek félannyi kromoszómája van, mint annak a növénynek a testi sejtjeiben, amely a spórát termette. A spóra kicsírázik, illetve osztódik és kialakul az ivaros alak, amelynek minden sejtje egyszerű kromoszómaszámú. Ezen az így kialakult növényen idővel kifejlődnek a gaméták. Ezek egyesüléséből keletkezik a kétszeres kromoszómaszámú ún. csírasejt (más szóval *zigóta*). Ennek kicsírázásával fejlődik ki az ivartalan életszakasz, amelynek minden sejtjében kétszeres a kromoszómaszám. Ezen keletkeznek bizonyos időben a spórák, mindenkor számcsökkentő osztódással. A spórák általában ún. spóratartókban *(sporangium, sporogónium)* jönnek létre.

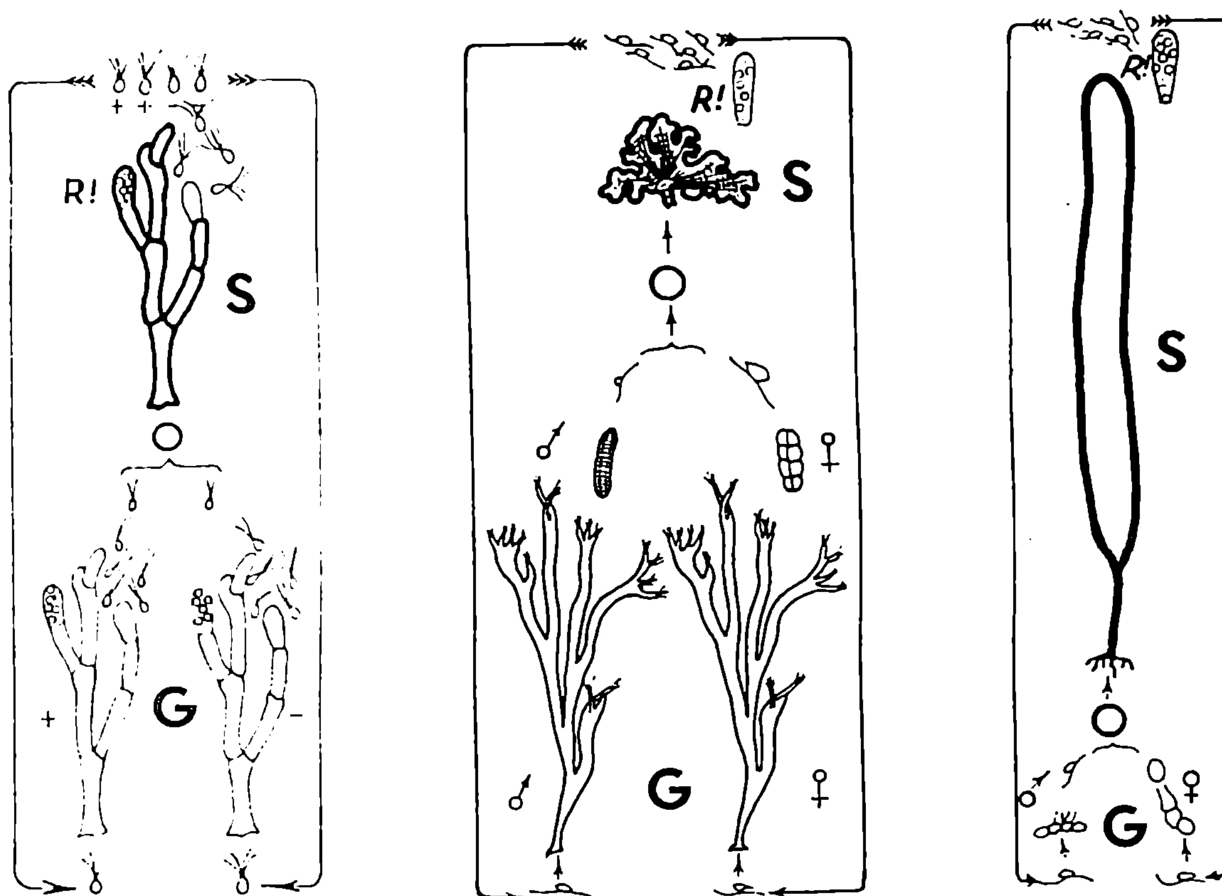
Kezdetben mindkét életszakasz egyforma, idővel azonban vagy az ivaros, vagy az ivartalan szakasz fejlettebb, hosszabb életű és nagyobb termetű. A moszatok körében mindhárom változat előfordul. Ugyanis vannak moszatok két egyforma szakasszal, nagyobb ivaros és nagyobb ivartalan szakasszal is. A legfejlettebb moszatok következetesen nemzedékváltakozással fejlődnek. (2., 3., 4., ábra)

Minden tudományos elmélet megegyezik abban, hogy a szárazföldi hajtásos növények nemzedékváltakozásos moszatból alakultak ki. Úgy látszik, hogy a növényi test csak ezen a fejlődési fokon érte el azt a szerveződést, amely a szárazföldi életmód bonyolultabb követelményeinek is meg tudott felelni.

A mai szárazföldi száras növények (más néven hajtásos növények) a nemzedékváltakozás két típusát mutatják. A mohoknak az ivaros életszakasza, míg az összes többi hajtásos növénynek az ivartalan életszakasza a fejlettebb, tehát maga a mohanövény az ivaros, a harasztok és a magvas növények pedig az ivartalan életszakaszt képviselik. Kézzelfoghatónak látszik az a feltevés, hogy a mohok olyan moszatok leszármazottjai, melyeknek az ivaros szakasza volt a fejlettebb, viszont a többi növény más moszattípusból származik. Vannak azonban olyan vélemények is, hogy a mohok és a harasztok is ugyanegy ősi növénytípus utódai. Igaz, hogy a mohok mai alakjának megfelelő kétségtelen maradványokat csak a karbon óta ismerünk, mégis valószínű, hogy a mohok sokkal idősebbek, csak nem hagytak vissza a legrégibb korokból felismerhető nyomokat. Amennyiben valóban valamely ismert ősi növényből vezetjük le őket (később még kitérünk erre), úgy a típusos mohanövény fiatalabb származású, mint sok magasabbrendű és nagyobb termetű száras növény.

Miután a mohok valószínűleg nem iktathatók bele a többi száras növény kialakulásának a menetébe, másrészt szerepük a növénytakaróban elmarad a többi hajtásos növényé mögött, végül pedig az a körülmény, hogy a mohok magasabb fejlettségű alakokat sohasem fejlesztettek, — külön ágon sem lehet törzsfejlődésüket összemérni a többi hajtásos növényével. A mohokkal tehát bővebben nem foglalkozunk, és csak itt-ott fognak szóba kerülni. További vizsgálódásaink gerince a többi hajtásos növény nagyvonalú törzsfejlődése, valamint az ezekből alkotott növénytakaró története lesz.

A hajtásos növény kialakulása a szárazföldi életmódra való áttéréskor a következő módon történhetett. A teleptest először hengeres tengelyképletté alakult át. Ez két szakaszra oszlott. Az első rész besüllyedt a talajba (mindenesetre állandóan nedves talajba) és vízszintessé vált. Rajta rövidesen kialakultak táp-



2. ábra. (balra) Nemzedékváltakozás egyforma ivaros (G, *vékony vonallal ábrázolva) és ivartalan* (S, *vastag vonallal ábrázolva). Az ivaros nemzedék egyedei egyivarúak.* R! *a számcsökkentő osztódás helye (A Strasburger- féle tankönyvből) 3. ábra. (középen) Nemzedékváltakozás fejlettebb ivaros* (G) *és kevésbé tagolt ivartalan nemzedékkel* (S). R! *a számcsökkentő osztódás helye (A Strasburger-féle tankönyvből) 4. ábra. (jobbra) Nemzedékváltakozás kevéssé tagolt ivaros* (G) *és fejlettebb ivartalan nemzedékkel* (S). R! *a számcsökkentő osztódás helye* (A *Strasburger-féle tankönyvből)*

anyag- és vízfelvevő sejtfonalak, amelyek megfelelnek a mai gyökérszőröknek. A tengely másik része a talajból függőlegesen kiemelkedett. A kiemelkedő rész kezdetben csak néhány cm lehetett, de hamarosan egy-két deciméterre nőtt. Ezzel az elhelyezkedéssel megkezdődött a munkamegosztás a növényi test részei között. Míg a földbeli részre a már említett feladat hárult, addig a föld feletti rész végezte az asszimilációt, a felesleges víz elpárologtatását, és a fajfenntartást: a szaporodást. Egyúttal erre a részre jutott az a szerep, hogy a szárazföldi életmódnak megfelelően rendezkedjék be. A levegővel érintkező részeket a külső behatások leküzdésére és a túlságos elpárologtatás ellen védő kutikula vette körül. Kialakult a felületi epidermisz sejtréteg, és ezzel megkezdődött a szöveti elkülönülés. A szövet — hasonló

élettani rendeltetésre hasonló módon kialakult sejtek összessége. Idővel a növény testének megnagyobbodása során megnövekedett követelmények kielégítésére szövetrendszerek alakultak ki. Az epidermisz létrejötte tekinthető az első lépésnek ebben az irányban: kialakult egy szorosan egymáshoz illeszkedő sejtekből álló, külső védőréteg. Sejtjei közé azonban, hogy a belső szövetek és a külvilág közti gázcsere végbemehessen, légrések ékelődtek, amelyeket szabályozó zárósejtek vesznek körül.

A szárazföldi életmód másik követelménye az, hogy a föld feletti részek vízzel való ellátására, valamint az ott termelt asszimilációs termékeknek a megfelelő helyre való szállítására sajátos szövet alakuljon ki. Mindazok a maradványok, amelyeknek jó állapota megengedi a szöveti szerkezet vizsgálását, ilyen kezdetleges szöveti elkülönülést mutatnak. A tengelyképlet (a szár) középvonalán hosszant megnyúlt sejtekből álló szállítószövet haladt végig. Ennek a szövetnek a termet megnövekedésével kapcsolatos második funkciója a szilárdítás. Az epidermisz és a központi vezetőszövet közt parenhimatikus, azaz minden irányban kb. egyforma átmérőjű, vékonyfalú sejtekből alapszövet alakult. Ennek szerepe az asszimiláció, részben pedig az asszimilációs termékek raktározása volt.

A legősibb hajtásos növény egyszerű tengelyképlet volt. Ez volt a szár legegyszerűbb alakja. Ma a szárképlet nem játszik olyan aktív szerepet a növény életében, mint a legősibb növényekben. Fő rendeltetése az asszimiláló szervek (levelek) és a szaporító szervek megfelelő helyzetben való tartása, valamint közvetítés a gyökér és az asszimiláló szervek közt, ami főképpen a víznek és az asszimilációs termékeknek megfelelő irányú szállításában csúcsosodik ki. Ez a szárképlet óriásfáinkon roppant méreteket, vastagságot és magasságot ér el. Az ősi hajtásos növények, amelyek kiindulópontot alkotnak óriásfáink kifejlődéséhez, csak szárképletből álltak. A szárképletet tehát nem tekinthetjük másodlagosan kialakult testrésznek, mint mai szerepe után gondolhatnók, hanem a legelső vegetatív szerv volt a törzsfejlődésben.

Egy nagy horderejű, de jelenleg az adatok elégtelensége miatt meg nem oldható kérdés az, hogy vajon a hajtásos növények kialakulása egyszer és egy helyen, tehát egyetlen moszattípusból történt-e, vagy több független vonalon, szakkifejezéssel élve: a mohoktól eltekintve *a többi hajtásos növény származása monofiletikus-e vagy polifiletikus?* A maradványok ismertetésekor látni fogjuk, hogy a legrégibbek már két típust képviselnek: a *korpafű*-típust *(Lycopsida)* és az *őscserje*-típust *(Psilopsida)*. Ezek egymáshoz való viszonyának megértése céljából előbb lássuk, hogyan fejlődött tovább a növény, miután megszerezte a szöveti szerkezettel bíró szárat.

A törzsfejlődés általános tendenciája, hogy a növényi test mind nagyobb tömegűvé válik. Ehhez természetesen építőanyagra van szükség, amelynek kisebb részét a növény a talajból, nagyobb részét azonban asszimiláció révén a levegőből szerzi meg. Ehhez a növény asszimiláló felületének kell gyarapodnia, ami kétféleképpen történik: vagy felületi képletekkel, amelyek a szárnak csak függelékei, vagy magának a szárnak az elágazásával. A növény esetleg mindkét irányban fejlődik.

Említettük már, hogy a szaporító szerveket sokkal kevésbé érik a környezeti hatások, és így a törzsfejlődésben sokkal konzervatívabbak, mint a testi szervek. A szaporító szervek felépítése és elhelyezkedése a törzsfejlődés szempontjából elsőrendű fontosságú. A sporangiumok helyzete kétféle: az őscserjéken csúcsálló, a korpafű-féléken a szár kezdetleges oldalképleteinek („leveleinek") hónaljában egyesével állnak. Ez utóbbi elhelyezkedés azt is magával hozza, hogy a korpafű-félék közt függelék nélküli, csupasz tengelyképletből álló alakok kezdettől fogva nincsenek.

Az őscserjék teste *Zimmermann* ma már általánosan elfogadott ún. „teloma"-elmélete szerint kétféle tagból állt. A már el nem ágazó villaág a „teloma", míg az elágazás alatti rész a *„mesoma"*. Kétféle teloma volt. Az egyik a csúcsán sporangiu-

mot viselt, a másik meddő volt. *Zimmermann* szerint a korpafű-típus az egyszerű ős-cserje-típusból vezethető le. A levél hónaljában levő sporangium úgy alakult ki, hogy az eredetileg csúcsálló sporangium és mellette egy meddő teloma megrövidültek, a sporangium így ülővé vált, a meddő telomából pedig támasztó levél fejlődött. Más elméletek szerint azonban a korpafű-típus függetlenül alakult az őscserje-típustól, és a levelei is ún. kislevelek *(microphyllum)*, amelyek nem teloma értékűek.

Mindkét típus megegyezik abban, hogy elágazásuk következetesen villás. Ezt az elágazást a *Lycopsida*-típus a mai napig megtartotta, az őscserje-típus azonban monopodiális elágazásúvá vált. Erről később még bővebben lesz szó.

Visszavezetve ezeket az ősi hajtásos növényeket a nemzedékváltakozásra, meg kell állapítanunk, hogy amit a maradványok képviselnek, az következetesen az ivartalan szakasz. Legújabban mégis sikerült kimutatni egy őscserje ivaros nemzedéket képviselő szervét, amely megfelel annak, amit eddig a *rizómá*jának* tekintettünk.

A spórák értékéről itt csak annyit jegyzünk meg, hogy a legősibb korpafű-félék és az összes őscserjék spórái egyformák, így minden valószínűség szerint egyforma értékűek is voltak. Ugyanez áll a sporangiumokra is, bár ezek a tulajdonságok a nem mindig jó állapotú maradványokon sokszor nem észlelhetők.

Az ismert legrégibb maradványok időbeli sorrendben a következők. Mintegy 550 millió évvel ezelőtt lerakódott középső kambriumi rétegekből írta le *Kristofovics* az *Aldanophytont*. Nevét a kelet-szibériai Aldan folyóról kapta. Kis korpafűszerű növény volt; a legnagyobb példány 8 cm. A szárat tűszerű képletek borították. Miután belső szerkezete nem ismeretes, a korpafű-félékhez való tartozása kétséges. A következő legrégibb típusok a *Barragwanathia* és a *Yarravia* Dél-Ausztrália szilurkori rétegeiből. Az előbbit sűrűn borították hosszú tűszerű képletek, amelyek közt ovális testeket, valószínűleg sporangiumokat figyeltek meg. A *Barragwanathiát* és az *Aldanophytont* a Lycopsida-típushoz tartozónak tekintik. A *Yarravia* egyszerűbb szerkezetű kis növény volt.

A tulajdonképpeni őscserjék, amelyeket az összes többi magasabbrendű növény kiindulópontjának tekintenek, később fejlődtek csak ki, egy-két bizonytalan szilurtípustól eltekintve. A legrégebben ismert (1859) őscserje a *Psilophyton*, melyet *Dawson* fedezett fel Kanadában. Gyökere nem volt, csak a földben kúszó rizómája. Ebből szárképletek nőttek a talaj felszíne fölé, villásan többszörösen elágaztak, s visszahajlott helyzetben viselték az ágcsúcsokon a sporangiumokat. A szár felületén tüskeszerű függelékek látszanak. Nevét a gyökértelen és levéltelen mohaszerű trópusi *Psilotum*ról kapta, bár semmi sem támasztja alá azt a nézetet, hogy az ősi *Psilophyton* és a mai *Psilotum* közt közvetlen leszármazási kapcsolat állna fenn.

A *Psilophyton* és ezzel az őscserjék felfedezése száz évvel ezelőtt egyáltalán nem látszott olyan nagy horderejűnek, mint ma. Időbelileg egybeesett ugyan *Darwin* legnagyszerűbb művének megjelenésével, mégiscsak a későbbi kutatások során kerültek az őscserjék az érdeklődés előterébe és lettek a filogenezis fontos tényezői.

Századunk folyamán a középső devonból (a *Psilophytont* az alsó devonból írták le) még egyszerűbb felépítésű őscserjék is előkerültek, pl. a *Rhynia*-fajok, amelyeket először Skóciában találtak. A *Rhynia* földbeli rizómából és egyszerű, vagy egyszer-kétszer villásan elágazó föld feletti szárból állt; egyes ágcsúcsain aránylag nagy sporangiumok voltak. A szár teljesen csupasz volt, vagy kis bibircsókokkal fedett.

Nagy az érdeklődés az ún. *Horneophyton* nevű őscserje-típus iránt, amelynek sporangiumába olyan meddő szövetből álló oszlop nyomul be, mint a mohok ún. colu-

* A rizóma vagy gyöktörzs — földbeli szárképlet, amely a földbe gyökereket, a föld fölé pedig leveles és szaporodó szerveket viselő szárat fejleszt.

mellája. Nagyon kézenfekvő az a gondolat — és sok kutató meg is egyezik ebben — hogy ez tekinthető annak a kiindulási típusnak, amelyből a mohok leszármaztak.

Idővel Észak-Amerikában és Európa minden olyan országában, ahol a devonkori rétegek jól fejlettek, találtak őscserjéket, köztük nagyobb termetű és erősen elágazó alakokat is. Szöveti szerkezetük is már gyakran fejlettebb. Ezek közül csak kettőt ismertetünk itt egészen röviden. Az *Asteroxylon* egy méteres, erősen elágazó növény volt. Elágazása villás volt ugyan, de egyes villaágak erősebben fejlődtek,



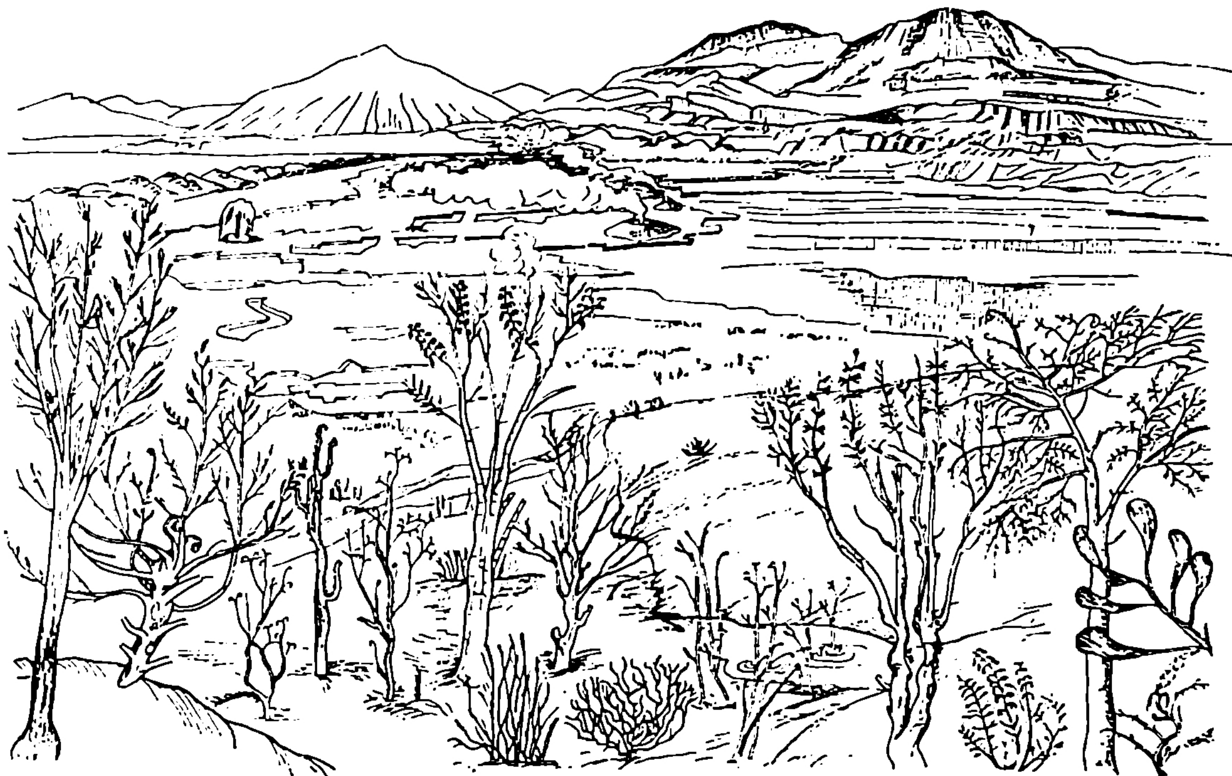
5. *ábra. Őscserje típusok:* a = Psilophyton princeps, b = Horneophyton, c = Asteroxylon, d = Pseudosporochnus (Dawson, Kidston & Lang, Kräusel & Weyland *után) némileg kisebbítve*

mint a többiek, amivel előrevetítették az oldalelágazás árnyékát. A legvékonyabb ágak csupaszak voltak, s közülük egyesek a csúcsukon sporangiumot viseltek, a vastagabb ágakat azonban tűlevélszerű asszimiláló képletek borították. A legérdekesebb fejlődést azonban a szöveti szerkezet mutatja. A központi szállítóköteg keresztmetszetben — a nagyobb szilárdság elérésére — csillag alakú volt, sőt az egyik fajon a köteg közepén alapszövet fejlődött. Ez a központi bél kifejlődéséhez vezet. A *Pseudosporochnus* vastag törzsű és roppant erősen elágazó őscserje volt. Egyesek szerint ez az alak vezetett a páfránylevelűek kialakulásához. (5. ábra)

Ezek mellett a típusos korpafű-félék és őscserjék mellett a felső szilurból és az alsó-középső devonból más, hinárszerű növény-alakokat is írtak le. Ilyen volt a *Zosterophyllum*, amelynek csak a sporangiumokat viselő része állt ki a vízből. A sporangiumok gyér füzért alkottak. A szár szalagszerű volt. Még sok más hajtásos növényt is ismerünk ebből az időből, de felsorolásuk meghaladná e könyv kereteit.

A középső devonban tehát már változatos őscserje-flóra élt. A növények nagysága elérte, sőt meghaladta az egy métert. Már igen sok helyről ismerjük őket, és kitűnt, hogy az egyes típusok nagyon elterjedtek voltak. Az az elgondolás, hogy a víz-

től való függetlenedés csak lépésről lépésre mehetett végbe, valamint sok helyütt a maradványok beágyazási körülményei is arra vallanak, hogy az őscserjék mocsári élettérre szorítkoztak. A száraz talaj továbbra is növénytelen maradt. De ott is, ahol ilyen növények éltek, csak nagyon gyér növénytakaró alakulhatott ki, amelynek egyedei egymástól sem a fényt, sem a vizet nem vonhatták el, így a küzdelem a fényért, a vízért és a tápanyagért még nem indult meg. A növénytakaró, ha így nevez-



6. ábra. Devonkori táj (Seward *után)*

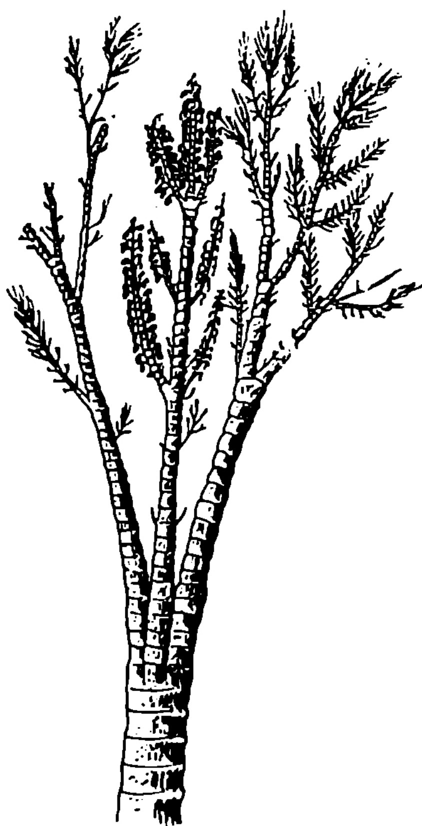
hetjük ezt a gyér növényzetet, egyszintű volt; ez volt az őscserjeszint. Árnyékot olyan mértékben, hogy a többi növényre ezzel hatást gyakorolt volna, egyik növény sem adott. Aljnövényzete nem volt. Mohaszintnek semmi nyoma sincs. (6. ábra)

A növénynek kellett bizonyos idő, míg belső szerveződése annyira haladt és tökéletesedett, hogy nagyobb termetűvé növekedhessék. Ez csak a felső devonban következett be. Egyúttal egy következő fejlődési irány is kibontakozott. Az elágazás monopodiálissá (oldalelágazás) vált. Ezzel a szár az elágazások helyén csomókra és ezek közt csomóközökre tagolódott. Az ágak eleinte egyenként indultak ki egy-egy csomón. Rövidesen azonban kialakult olyan típus is, amelyen több csomóköz megrövidülése következtében végül is több oldalág indult ki egy csomóból. Ez az örvös elágazás. Miután az ilyen elágazású növények a középső devontól külön törzsfejlődési útra tértek, őket külön *Sphenopsida* néven foglaljuk össze. Magyarul ez a zsurló-típus. Kezdetleges alakjai, amelyeken az örvös elágazás még nem tökéletes, a középső devonban élt *Hyenia* és *Calamophyton*. (7. ábra)

A termet megnövekedéséhez szükséges szerves anyag termelése nagyobb asszimiláló felületet követelt meg. E szükséglet kialakította a valódi levelet az eddigi kis felületű képletek helyébe. Ez a körülmény és a szaporodási módok továbbfejlődése a felső devonban még változatosabb flórát és dúsabb növénytakarót eredményezett.

Az őscserjék *(Psilopsida)* asszimilációs felületének a gyarapodása abban állt, hogy a tengely (szár) erősen elágazott, vagy kis, egyszerű felületi képletek borították azt. A korpafű-féléken *(Lycopsida)* következetesen ilyen apró levélképletekkel találkozunk, amelyek sohasem váltak tagoltakká. Ezeket a levélképleteket, amelyek ősi felületi képletek, illetve azok alaktani leszármazottjai, kis leveleknek nevezzük *(microphyllum)*. A kis levelek következetesen szórt állásúak (egy magasságban csak egy-egy levél van). Ma ilyeneket kizárólag a korpafű-féléken látunk. A régi korokban azonban roppant elterjedt levélféleség volt. A vélemények megoszlanak arra vonatkozóan, hogy a zsurló típusú növények *(Sphenopsida)* levelei milyen származásúak. Miután ezek kezdetben villásan elágazó képletek voltak, tehát ágrendszerből alakultak ki, a később tárgyalandó páfránylevélhez hasonlóan nagy leveleknek tekinthetnők őket. Ám amint lemezszerűvé váltak, egyszerűsödtek is, és a szárhoz viszonyítva mindig igen aprók maradtak, később pedig egyre elcsökevényesedtek. Így újabban középlevélnek tekintik őket. A felső devonban megjelenő páfránylevelű növények levele azonban következetesen nagy levél *(macrophyllum)*. Törzsfejlődése, amit szintén elsősorban *Zimmermann* elméletéből veszünk át, a következő.

Az erősen elágazó őscserjék ágvégződései részben összenőve (*Zimmermann* hatféle kialakulási mozzanatot ismertetett, amelynek részletezésére itt nem térhetünk ki), részben lemezszerűen ellapulva kezdtek kialakulni. A lemezes ágvégződések kezdetben a tér minden irányában álltak, később egy síkban rendeződtek. Így az ágrendszerből létrejött a nagyon tagolt páfránylevél. Miután ez a típus ettől kezdeve külön fejlődési vonalon alakul tovább, ezeket *páfrány-típusú növényeknek (Pteropsida)* nevezzük. A korszerű fejlődéstörténeti elgondolások szerint a ma élő páfrányok és az összes magvas növény ennek a fejlődési sornak a tagjai. A zsurló és a páfrány-típus kialakulása időbelileg körülbelül egybeesik. Mindkettő kétségtelenül az őscserjékből fejlődött ki, ami egyúttal megpecsételte ez utóbbiak sorsát. Az őscserjék a középső devon végével eltűnnek a növénytakaróból.



7. ábra. Calamophyton primaevum, *a zsurlófélék legősibb alakja; 2/3 term. nagys.* (Kräusel & Weyland *után)*

Emellett a két nagy törzsfejlődési lépés — ti. a *Sphenopsida* és *Pteropsida* típus kialakulása — mellett mint harmadik, nagy horderejű fejlődés a heterospórás állapot és a mag megjelenése szintén a felső devonra esik. Említettük már, hogy a korai korpafűfélék és az őscserjék következetesen egyforma spórákat fejlesztettek. Így valószínű, hogy a spórákból kifejlődő ivaros szakasz is egyforma és egylaki volt, azaz mindkét (hím és női) ivarszervet viselte. (8. ábra) Az ivaros szakasz azonban, amelyet előtelepnek *(prothallium)* nevezünk, idővel elsatnyul és egyivarúvá válik. Ez kezdetben a spórákon nem látható, később azonban két különböző nagyságú spóra fejlődik. A kis, hím spórából *(mikrospóra)* kialakuló előtelepen *(microprothallium)* csak a hím ivarszerv fejlődik ki, a nagyobb spórából (*megaspóra*, egyesek szerint *makrospóra*) kialakuló előtele-

pen *(megaprothallium)* pedig csak a női ivarszerv alakul ki. A növény a korábbi izospórás állapotból a heterospórás állapotra tér át.

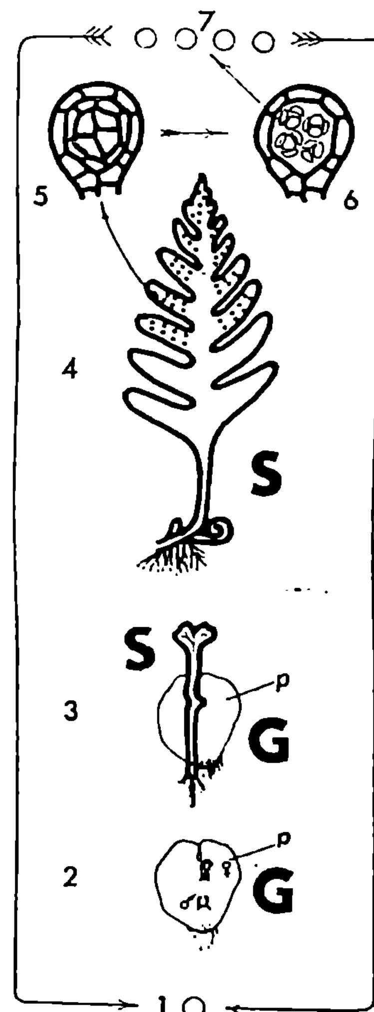
Ezeknek a növényeknek a megtermékenyüléséhez szükséges, hogy a kis és a nagy spóra olyan közel essenek egymáshoz a talajra, hogy a belőlük kicsírázó előtelepeket közös vízfelület kösse össze, különben a hím ivarszervben keletkező spermatozoida nem jut el a női ivarszervben keletkező petesejthez. Ez az egyébként nagy horderejű törzsfejlődési lépés nem tette képessé a növényt arra, hogy a mocsári élettértől elszakadjon. Könnyen lehet, hogy éppen a heterospóra okozta, hogy az ilyen nagytermetű növények korán sírba szálltak. A mai heterospórás harasztok(vízi páfrányok, csipkeharasztok, durdafüvek stb.) következetesen kis termetűek, és általában mocsarakban, nedves őserdőkben, tehát nedves közegben élnek.

Érdekes körülmény, hogy mind a korpafű, mind a zsurló típus áttért a heterospórás állapotra, mégpedig azután, hogy a két típus már teljesen elvált egymástól. A heterospórás szaporodás minden valószínűség szerint korán kialakult a páfránytípuson is, de ilyen alakokról csak bizonytalan ismereteink vannak *(Archaeopteris)*. Úgy látszik, hogy a páfrány-típus a spórák ivari elkülönülése után hamarosan újabb fejlődési fokot ért el, azaz magot termett. Ezzel már függetlenné vált a mocsári élettértől és *megindulhatott a szárazabb területek növényekkel való benépesülése.*

A *magvas növény* több vonatkozásban különbözik a spórás növénytől. Mint említettük, a heterospórás növények spórái (a hím és a női spórák) egyaránt a talajra hullanak, és ott megy végbe a megtermékenyülés. A magvas törzsfejlődési szakaszon a női spóra az anyanövényen marad és ott történik az ivari egyesülés. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy ezután már nem az egysejtű spóra alkotja a két egyed élete közt a nyugalmi állapotot, hanem a soksejtű mag. Ez az átalakulás valószínűleg nem hirtelenül, hanem fokról fokra történt, azaz a spórák eleinte még hosszabb időt töltöttek el nyugalomban, mielőtt kicsíráztak és a megtermékenyülés végbement. Természetesen kihalt alakokon ezt nem tudjuk megfigyelni, de ma élő alacsonyabb fejlettségű magvas növényeken (pl. *Ginkgo*) még igen. Idővel azonban kizárólag a mag válik nyugalmi állapottá, és ezt az állapotot tekinthetjük az egyik egyedi élet végének ill. az új egyedi élet kezdetének.

A ma élő összes magvas növény magjában embrió is van. Ilyet a kezdetleges, kihalt magvas növényeken nem sikerült megfigyelni. Így lehetséges, hogy az embrióval ellátott nyugalmi időszakot jelentő mag — hosszabb törzsfejlődés eredménye.

Az asszimiláló felület növekedése és a mag kialakulása két irányban való terjeszkedést tett lehetővé: függőleges irányban a növény egyre nagyobb termetű lett,



8. ábra. A páfrányok előtelepes fejlődése. Csak egyfajta spóra van (1.), *belőle előtelep* (p) *fejlődik* (2). *Ez képviseli az ivaros nemzedéket* (G, *vékony vonallal ábrázolva). Rajta fejlődnek az ivarszervek és azokban az ivarsejtek, melyek egyesüléséből az ivartalan nemzedék* (S, *vastag vonallal kihúzva) keletkezik* (3), *amely a tulajdonképpeni páfránynövény* (4). *Ezen keletkeznek a sporangiumok* (5), *s bennük számcsökkentő osztódással* (6) *a spórák* (7) *(A Strasburger-féle tankönyvből)*

vízszintes irányban pedig — kijutva a mocsári élettérből — megkezdte térhódítását a száraz talajon. A devon végére egyes növények termete közel 20 méteresre fejlődött. Ez magával hozta azt, hogy a növénytakaró szinteződjék, és a magas termetű növények alatt, tőlük függő, alacsonyabb szintek alakuljanak ki. A növénytakaró bujasága is fokozódik, és megindul a küzdelem a helyért, és az egyéni létért.

A nagyobb termet a szöveti szerkezet tökéletesedését is megkívánta. A követelmény nagyobb szilárdság és jobb szállító berendezés volt. Így elsőrban a törzs szállítószövetrendszere tökéletesedik, amely egyúttal szilárdító szüvetrendszer is. Miután azonban a törzs a nagyobb magasságnak megfelelően egyre vastagszik is, felmerül nemcsak a függőleges, hanem a vízszintes irányban való szállítás problémája is. Az őscserjék eredetileg egyszerű központi szállítókötege átalakul ún. központi hengerré, s a függőleges irányban elhelyezkedő szállító berendezés közé vízszintesen elhelyezkedő szövetek ékelődnek.

Már az őscserjéken is megfigyelhető, hogy a szállítóköteg vagy nyaláb a két irányú és különböző anyagokat szállító szükségletnek megfelelően kezd tagolódni. Kifejlődik egy belső ún. *fa*rész, amely elsősorban vizet és abban oldott ásványi tápanyagokat szállít a gyökérből a levelek felé, ill. e körül egy ún. *háncs*rész, az asszimilációs termékeknek a levelekből a növény többi részébe való szállítására. Később kialakul a központi alapszövet illetve központi bél. Idővel a vastagság megköveteli, hogy a központi bél a kerületi alapszövettel összefüggésbe jusson. Ez a szállítószövet-rendszer függőleges feldarabolását vonja maga után, amely a fa- és a háncsrész viszonya szerint többféleképpen történik. A két elem lehet egymástól független kötegekben, azaz a háncs- és a fakötegek külön-külön futnak végig a törzsön, alapszövetbe beágyazva. Ilyen szerveződés ma a korpafüvek szárában található. Más esetben a háncs körülveszi a farészt, mint az őscserjék primitív központi kötegében, azonban több ilyen ún. koncentrikus edénynyaláb fut végig a száron. Ilyen általában a páfrányok szállítószövet-berendezése. Egyik sem engedi meg az ún. másodlagos megvastagodást, úgyhogy mindezek szárának vastagsága korlátolt marad.

A legfejlettebb szerkezet az, amelyben a fa- és háncsrész egymás mellett, közös kötegben fut, rendszerint úgy, hogy a farész a központ, a háncsrész pedig a kerület felé esik. Az ilyen „kollaterális" edénynyalábok legelőször a zsurlófélék szárában jelennek meg. Itt a szár keresztmetszetén a kötegek alapszöveti részekkel elválasztva helyezkednek el. Ugyanilyen a fenyők és a kétszikűek edénynyalábrendszere. Ez a típus már alkalmas a másodlagos megvastagodásra, ugyanis a farész és háncsrész közti osztódószövet továbbra is megtartja osztódóképességét. Ez a *kambium*, amely kifelé továbbra is háncsot, befelé pedig fát fejleszt. Miután a nyalábok közt az alapszöveti rész, az ún. elsődleges bélsugár sejtjei már állandósultak voltak és újból osztódóképesekké válnak, ezért ezeket másodlagos szöveteknek nevezzük, a vastagodást pedig másodlagos vastagodásnak. Az osztódó szövet keresztmetszetben teljes gyűrűt alkot. Ez a kambiumgyűrű. (Ez az itt vázolt mód nem vonatkozik az összes magasabbrendű növényre. Kambiumgyűrű másképpen is alakulhat ki, e módok tárgyalását azonban mellőznünk kell.) A másodlagos vastagodás addig gyarapítja a törzset, amíg a fa él. A szállító kötegben mindez a tökéletesedés a felső devonban történt és a karbon elején érte el azt a fokot, amely azután megmaradt mindaddig, amíg a fiatalabb növénytípusokon a valódi szállítóedények *(tracheák)* mint legtökéletesebb szállítóelemek vették át a kisebb teljesítőképességű, ősi edényszerű sejtek *(tracheidák)* szerepét.

A felső devonban megtaláljuk a legtöbb nagy karbon-típus kezdő, még nem teljesen fejlett alakját. A pikkelyfák elődjeként a már magas fává nőtt *Cyclostigma* és *Protolepidodendron* szerepelnek. A pecsétfák ősalakja az *Archaeosigillaria*. A *Calami-*

*tes*nek megfelelő növényalakok még nem jelentkeznek. Páfrányszerű növény már sok van, csak nem dönthető el, vajon spórás vagy magvaspáfrányokról van-e szó? Ilyen az *Archaeopteris*en kívül a *Sphenopteris*, *Sphenopteridium*, az *Eospermatopteris* stb. Meg kell azonban még emlékeznünk olyan fákról, amelyek törzsének szerkezetét ismerjük, de a hozzá tartozó leveleket és egyéb szerveket nem. Törzsszerkezetük meglepően fejlett. Ilyen a *Callixylon*, amely bizonyos vonatkozásban megegyezik a későbbi ősfák *(Cordaites)* és a mai *Araucariák* törzsszerkezetével.

A devon eleji szegényes cserjések helyébe a devon végén valódi erdők lépnek, amelyek fái közt már lehettek az egyes ma élő fákéhoz közelálló ökológiájúak is.

A devon környezeti viszonyainak megítélésére nagyon kevés a támpontunk. Vannak olyan elképzelések, hogy a devon folyamán sztyepp-éghajlat uralkodott. Ha ezt el is fogadnók az alsó és középső devonra nézve — semmi esetre sem volt ennyire száraz a felső devon éghajlata, hiszen akkor aránylag hatalmas fák éltek. A hőmérsékleti viszonyok sem ítélhetők meg kellő biztossággal, noha abból a körülményből, hogy egyes karbon-típusok akkor már éltek, a felső devonra inkább magas hőmérsékletet kell feltételeznünk. Emellett az egyes lelőhelyek igen távol esnek egymástól, így nincsenek adataink a növényzet övi eloszlásáról sem. Annyi tény, hogy az északi sarkvidékről igen sok devonkori növényt ismertettek, ott tehát kétségtelenül lényegesen magasabb hőmérséklet uralkodott, mint jelenleg.

A devon-típusok, mint már említettük, nagy elterjedésüek voltak és ezért a növénytakaró egységes lehetett. Nem ismerünk flóratagolódást.

Az eddigi törzsfejlődést és a növénytakaró fejlődését összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a kambriumi legelső szárazföldi növény kialakulása után sokáig nagyon lassú volt a törzsfejlődés, és a növénytakaró sem mutat lényeges gyarapodást. A Föld benépesedése csak a devonban kezd megindulni, hogy azután a felső devonban rohamléptekkel haladjon. Igaz, hogy ez a rohamosság csak az idők távlatából ilyen, hiszen talán 10 millió év, vagy még annál is több kellett a felső devoni típusok kialakulásához. Több rendkívül fontos haladás történt. Kialakult a heterospórás állapot, és igen röviddel utána a mag. Kifejlődött a nagyobb felületű levél, a központi henger, és lényegesen tökéletesedett az edénynyaláb-rendszer. Megindult a másodlagos megvastagodás, amely egy méter vastagságú törzseket is eredményezett és lehetővé tette, hogy a fák 20 méter magasságot is elérjenek. Az eredetileg csak gyér növényzettel borított területeken a növények összébb szorultak és egyre erősebb hatást kezdtek gyakorolni szomszédaikra. Megindult a növénytakaró szinteződése és a lombkoronaszint alatt kifejlődött egy — talán már némileg árnyéktűrő — alsóbb szint. A növény kiszabadult a mocsári életmód bilincseiből és megkezdte hódítását a száraz talajon.

Hazánkból biztos devon-növényeink nincsenek, így teljesen külföldi kutatások eredményeire vagyunk utalva, hogy a devon növényzetét megítélhessük. Míg ez a növényzet elsősorban a fejlődéstörténet és egyéb tudományos kérdések szempontjából nagy jelentőségű, addig a következő időszaké már gazdaságilag is a legjelentősebb az összes korok növényzete közt. Akkor alakultak ki ugyanis a leghatalmasabb kőszénrétegek.

A PERMOKARBON NÖVÉNYZETE

A karbonkori növényekről általában

Az a nagy lendület, mely a törzsfejlődésben, a termet megnagyobbodásában és a növények szoros együttélésének a kialakulásában a devon végén mutatkozik, beteljesülését a karbonban éri el. Mai ismereteink szerint a karbonban Földünk roppant területein a mai trópusi dzsungelek bujaságának megfelelő növénytakaró alakult ki. A karbon-erdő arculata mégis alapvetően különbözött a mai dzsungelétől, hiszen egészen más termetű, más felépítésű és más belső szerkezetű fák és egyéb növények alkották. Mégis, mint látni fogjuk, a karbon-erdőben is sok olyan jelenséggel találkozunk, amely a mai trópusi erdők jellemző sajátsága. Ezekre majd a karbon-erdő életviszonyait tárgyaló részben térünk ki.

A régebbi korok növényzeti viszonyai közül éppen a karbon-koriakat ismerjük a legjobban, mert töméntelen és sokszor igen jó állapotban megmaradt és részleteiben is vizsgálható maradvány áll rendelkezésünkre. Ezek megítélésére vonatkozóan azonban a következőket kell tudnunk. Már a devon nagyobb termetű növényei sem maradtak fenn sohasem teljes egészükben, és az egyes részek közti összefüggés sem mindig ismeretes. Nagyobb mértékben áll ez a karbonkori növényekre. Az egyes részeket, gyökérzetet, szárat, illetve törzset, a levél nyelét, a levél lemezét, valamint a szaporító szerveket, illetve az azokat viselő részeket külön-külön találjuk, és így mindezek külön elnevezést is kapnak. Az ősnövénytan kénytelen mesterségesen megalkotott és csak egyetlen növényi részre, illetve annak egyes tulajdonságaira alapított nemzetségekkel dolgozni. Csak akkor, amikor a különböző részek közt nyilvánvalóvá válik az összefüggés, kapja meg a növény a valódi nevét, amely alapján a növények törzsfáján és a növényrendszerben elhelyezhető. Ennek megvilágítására két példát hozunk fel. A pikkely- és pecsétfák földbeli része az ún. *Stigmaria*. A két említett típus föld feletti része jól elkülönül, Stigmariájuk azonban egyforma. Így nem dönthető el, hogy a talált Stigmaria melyik nemzetségé. A spórás és magvaspáfrányok levele általában páfránylevél, és nem különböztethető meg. A levél alapján tehát még annyi sem állapítható meg, hogy spórás vagy magvaspáfrányról van-e szó. A levelek legutolsórendű szárnyacskáik alapján külön-külön nemzetség-nevet kaptak. A magvaspáfrányok esetében a helyzet még bonyolultabb, ti. a magot termő, a mikrospórákat fejlesztő részek, a törzs, a levél és a levélnyél külön-külön nemzetség-neveken ismeretesek, mert a részek közti összefüggés csak a legritkább esetben állapítható meg.

A törzsfejlődésben bizonyos *szakaszosság* ismerhető fel. Nagy előrehaladás után az egyes új típusok erős kifejlődése és nemzetségekre, fajokra való felaprózódása következik be. A karbonban ez utóbbi szakaszt találjuk. Már a devon végén kialakult a

heterospória, a mag és a másodlagos megvastagodás. Hasonló horderejű fejlődés a karbonban nem észlelhető, így pl. még nem jelenik meg a zárt magház, sem a valódi edény. Mégis a heterospórás harasztok ekkor érik el legnagyobb termetüket és legnagyobb változatosságukat. A mag is már több növény-csoportban kialakul. A nagy törzsfejlődési előrehaladások általában nagyobbmérvű kihalással társulnak. A karbonban ilyen nem állapítható meg, ez az utána következő korra, a permre marad, amikor számos új típus alakul ki, illetve szaporodik el.

A karbonkori növényzet tárgyalásakor először is vázolni kívánjuk az egyes fontosabb nemzetségeket, illetve típusaikat, utána megkíséreljük bemutatni a növénytakaró arculatát és az akkori környezeti viszonyokról való elképzeléseinket. Végül a karbonkori változásokra és a flóra tagolódására térünk át. Már itt meg kell jegyeznünk, hogy a karboni nemzetségek jó része átterjed a permre is, úgyhogy sok esetben nem dönthető el, vajon még a karbonból származik-e az illető növény vagy már permkori. Ezért használhatjuk a permokarbon elnevezést.

Itt kizárólag a szárazföldi flóra fejlődéséről szólunk, tehát a vízi növényeket, főképpen a moszatokat figyelmen kívül hagyjuk. Meg kell azonban emlékeznünk arról, hogy a karbonból származnak legelső biztos mohamaradványaink, bár valószínűtlen, hogy csak akkor alakultak volna ki — a típusos mohaalak minden valószínűség szerint régebbi. A karbonban mindkét mohaosztály (a lombosmohák és a májmohák osztálya) megjelenik.

A karbon jellegzetes növény-nemzetségei

A korpafű félék ekkor érik el legnagyobb kifejlődésüket és elterjedésüket. Néhány fűnemű mellett zömmel fa alakúak. A fűneműek közt találjuk a *Lycopodites*t, amely izospórás és a mai korpafüvekkel *(Lycopodium)* hozható kapcsolatba; a másik a *Selaginellites*, amely megfelel a mai csipkeharasztnak *(Selaginella)*, és heterospórás. Ez utóbbi azért is érdekes, mert észak-amerikai maradványokon sikerült a csírázó megaspórát is kimutatni, tehát az ivaros szakaszt, amely teljesen megfelel a mai csipkeharaszt csírázó női spórájának.

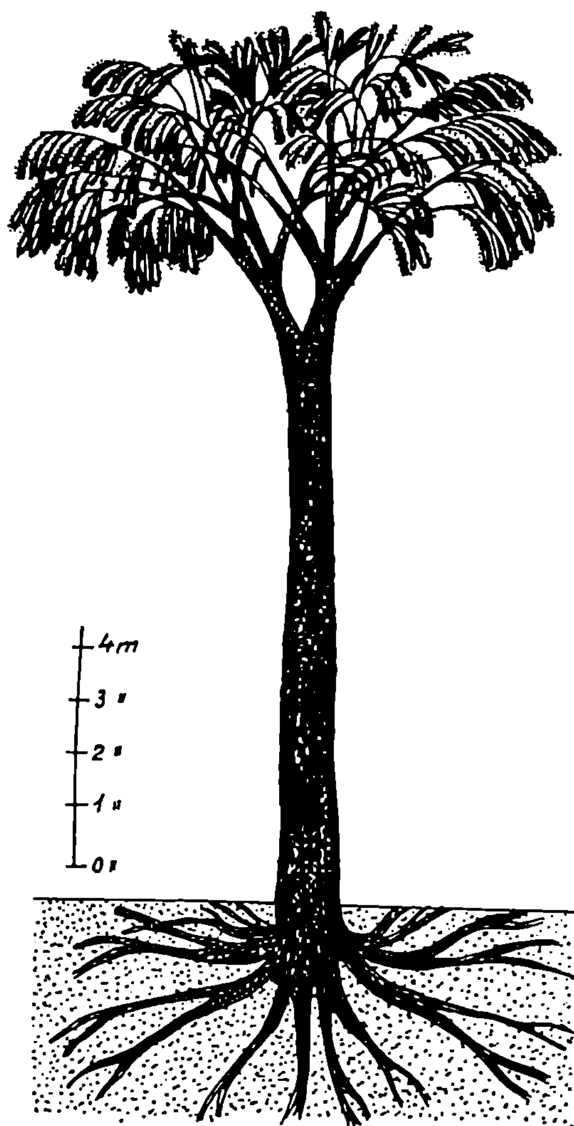
A fa alakú korpafű félék legfontosabb két nemzetsége a *pikkelyfa (Lepidodendron)* és a *pecsétfa (Sigillaria)*. Mindkettőre jellemző a lehullott levelek után a törzsön visszamaradó domborzat. Továbbá az is közös vonásuk, hogy leveleik — bármilyen nagyok — egyszerűek, szálasak, földbeli részük pedig a Stigmaria. Mindkét alak heterospórás volt, villásan ágazott el, és így közös leszármazásuk kétségtelen. Megjelenésükben és fénykorukban kis eltérés van. A pikkelyfák a pecsétfákat kissé megelőzték. A legbujább karbon-erdőben mindkét nemzetség nagy súllyal vett részt.

A pikkelyfa a törzsfelület pikkelyszerű domborzatától kapta nevét. A lehulló levelek ripacsa és párnája rombusz alakú; ferde sorokban egymás mellé sorakozva borítják a törzs felületét. A Lepidodendron elnevezés az ilyen törzsmaradványokra vonatkozik. A leveleket *Lepidophyllum* néven ismerjük. Az 1—2 dm hosszú, pázsitszerű levelek mindig csak az ágak csúcsi részén voltak meg, mert fokozatosan lehullottak. A törzs sokszorosan villásan ágazott el és így igen szabályos hatalmas koronát alkotott. Sporangiumai — a Lycopsida-típusnak megfelelően — a levelek hónaljában egyesével fejlődtek. A sporangiumot hordozó levelet sporofillumnak nevezzük. Ezek az ágak csúcsán füzért alkottak. Miután kétféle spóra és kétféle sporangium volt — így kétféle volt a sporofillum is. A megasporofillumok (női) a füzér alsó, a mikrosporofillumok (hím) a füzér felső szakaszán helyezkedtek el. Ha ezt a

helyzetet összehasonlítjuk a különböző nemek elhelyezkedésével a kétivarú virágban, akkor a sorrend fordított, mert a virágban a hím ivarlevelek állnak a füzér (virágtengely) alsó, a női ivarlevelek a felső szakaszán. A földbeli rész, a Stigmaria a törzs egyenes folytatása volt, és a talajban többszörösen villásan elágazott. Belőle valódi gyökerek indultak ki. (9. és 10. ábra.)

Itt térjünk ki egy kissé a gyökérrendszer fejlődésére. Mint említettük, az ősceserjéken a gyökér szerepét egyszerű gyökérszőrök látták el. Ezek a termet megnövekedésével elégteleneknek bizonyultak, és vezetőszövettel ellátott tengelyképletnek, valódi gyökérnek kellett kifejlődnie. Ha a spórás növények megtermékenyülése után fejlődő embriója fejleszt is ún. gyököcskét — belőle sohasem lesz gyökér. Így ezeknek a növényeknek a gyökerei mindig földbeli szárképletből (a pikkely- és pecsétfákon a Stigmariából, a *Calamites*en hatalmas rizómából) járulékosan indulnak ki. Csak a mag megjelenése után, amikor a magban már gyököcskével bíró embrió is fejlődött, fejlődhetett ki olyan gyökér, amely a föld feletti szár folytatásaként nyomult a talajba. Az ilyen gyökeret főgyökérnek nevezzük. Ilyent látunk általánosan a fenyőkön és a kétszikűeken. Az, hogy az ilyen főgyökérrendszer pontosan mikor alakult ki a törzsfejlődés folyamán, csak akkor volna megállapítható, ha tudnánk, hogy a magvas növények magjában mikor alakult ki az embrió.

A pecsétfa törzsét függőleges sorokban elhelyezkedő hatszögletes pecsét alakú levélripacsok fedték. A törzs egyszerűbb volt, egyáltalában nem vagy csak kevéssé ágazott el, ellenben levelei igen nagyok voltak, néha 1 m hosszúságot is elértek. Mindig egyszerűek maradtak, nagyságuknak megfelelően rajtuk két edénynyaláb haladt végig. A sporofillumok hasonló felépítésű füzé-



9. ábra. Pikkelyfa (Lepidodendron) *rekonstruált képe; a term. nagys. 1/100-ad része* (Hirmer *után)*



10. ábra. Pikkelyfa (Lepidodendron) *törzsfelülete* (Hirmer *után)*

rekben keletkeztek, mint a pikkelyfán. A füzérek nagyobbak voltak és nem az ágcsúcson fejlődtek, hanem a törzsön, illetve a vastag ágakon a lombüstök alatt. Ez a jelenség sok ma élő trópusi fán is megfigyelhető (kauliflóriának nevezik). (11. és 12. ábra.)

A pikkely- és pecsétfának a törzse aránylag kezdetleges szerkezetű volt, de másodlagosan vastagodott. A fatest maga nem gyarapodott jelentősebben; a törzs nagyobb részét az erősen fejlett kéreg foglalta el.

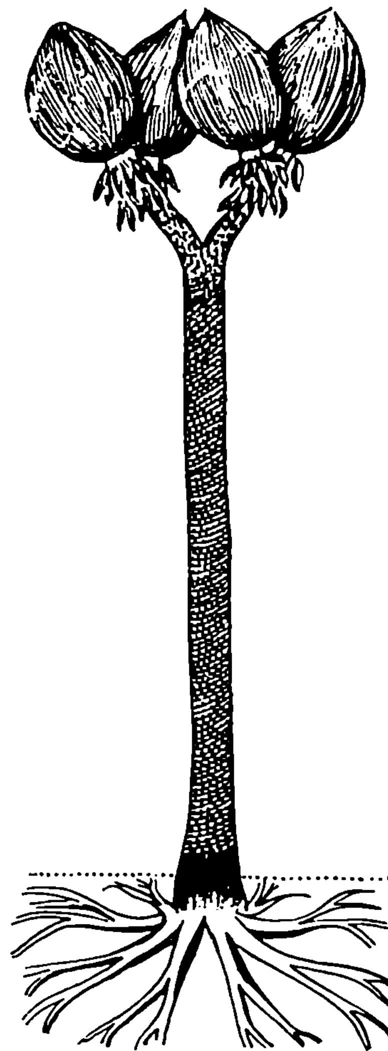
Mindkét nemzetség mocsárlakó volt, de nem a vízzel állandóan borított helyeken nőttek. Vízben nem láttak hiányt. Leveleik mégis bizonyos szárazságtűrő, párolgáscsökkentő berendezkedést mutatnak. A légrések a levél fonákán hosszanti vályúkban fejlődtek.

A pikkelyfák egyes alakjai a törzsfejlődés útján továbbhaladtak és magot termettek. Ezeket *Lepidospermae* néven szokás összefoglalni. A fejlődéstörténeti rendszertan szabályai szerint nem foglalhatók egybe a többi magvas növénnyel, mert azok mind a *Pteropsida* (páfrány) típusból származtak, összevonni pedig csak a közös származásúakat lehet. Ez azonban bizonyíték arra, hogy a magvas állapot polifiletikus eredetű, mert legalább két (valószínűleg több) fejlődési soron jelent meg. A Lepidospermae még a karbon folyamán eltűntek, tehát hamarább, mint a spórás pecsétfák. Nem fejlődtek tovább.

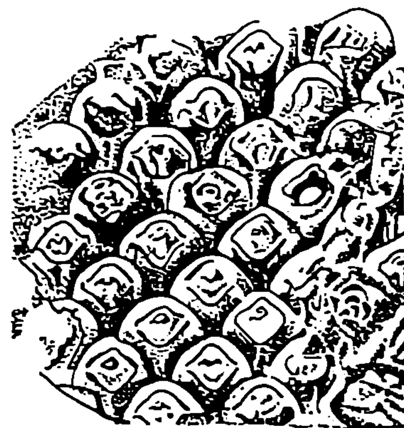
A *Sphenopsidát* a karbonban két hatalmas nemzetség képviselte, az *éklevelűek (Sphenophyllum)* és az *őszsurlók (Calamites)*. Mindkettőre jellemző az örvös elágazás és az örvös levélállás, amely a sporofillumok elhelyezkedésében is megnyilvánul. Az éklevelűek kétségtelenül a fejlettség alacsonyabb fokán álltak, mint az őszsurlók. Ezzel szemben a zsurlók kezdeti alakjait és származását elég jól ismerjük, míg az éklevelűek kialakulása elvész az idők homályában.

Az éklevelűek vékony szárú és örvösen álló, ék alakú levelű növények voltak. Egyes fajokon kétféle levél fejlődött, az egyik örv levelei épek, a másik örvön a levelek erősen szeldeltek. Ebből egyes kutatók arra következtetnek, hogy ezek hínárszerű víz alá merült növények lehettek. Egyébként az éklevelűeket fára kúszó liánoknak tekintik. A szár szöveti szerkezete kezdetleges volt, másodlagos megvastagodás nélkül. A sporofillum füzérekben, amelyek az ágcsúcsokon álltak, a sporofillumok örvei közé meddőlevél-örvek ékelődtek. A spórák egyformák voltak. Az éklevelűeknek sem leszármazottjaik, sem fejlettebb alakjaik nem ismeretesek. A karbont ugyan túlélték, fénykoruk azonban mindenképpen a karbonra esik. (13. ábra.)

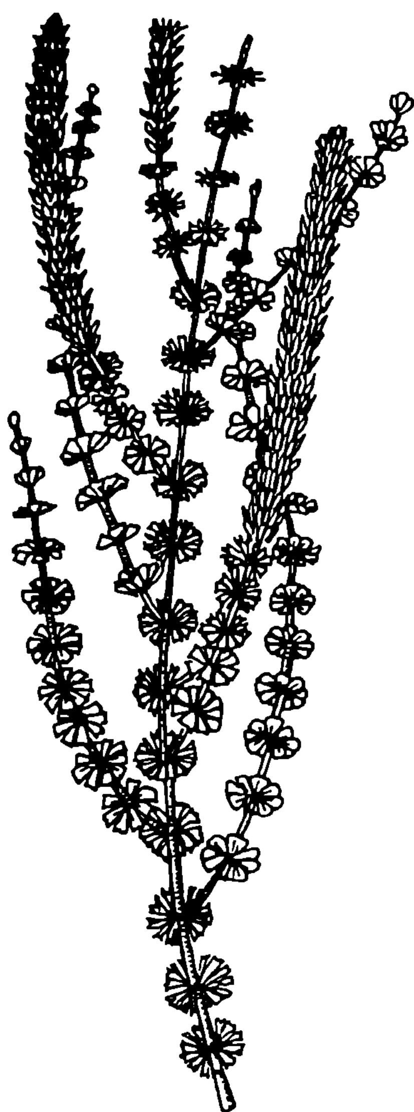
Az őszsurló hatalmas fa volt, 10 méternél maga-



11. ábra. Pecsétfa (Sigillaria) *rekonstruált képe; 1/100 term. nagys.* (Hirmer *után)*



12. ábra. Pecsétfa (Sigillaria) *törzsfelülete* (Hirmer *után*)



13. ábra. Éklevelű (Sphenophyllum) *rekonstruált képe* (Kristofovics *után)*

sabbra nőtt és törzse olykor elérte az 1 m vastagságot. A törzs szöveti szerkezete az összes spórás növény közt a legtökéletesebb; másodlagosan vastagodott edénynyaláb-gyűrűje volt. A földben (helyesebben a mocsártalajban) a törzshöz hasonló felépítésű rizómája volt, amely vízszintes helyzetben kúszott. Belőle az örvökön gyökerek, helyenként pedig a föld feletti szárak indultak ki. Az őszsurlók és az összes többi *Sphenopsida* szára a csomókon erősen tagolt volt, úgyhogy sok rendszertani mű mint ízelt növényeket *(Articulatae)* tárgyalja őket. Levelek csak a vékonyabb ágakon fejlődtek, később fokozatosan lehullottak és mindig csak a csúcs volt leveles. A leveles maradványok *Annularia* néven ismeretesek, és csak később derült ki, hogy ezek az őszsurlók leveles ágai. A levelek egyszerűek voltak, lándzsásak vagy kerülékesek, és nagyobb számban álltak egy örvben. A sporofillumok a füzérben szintén örvösen helyezkedtek el, meddőlevélörvökkel váltakozva. A sporofillum csúcsán pajzsszerűen kiszélesedett és visszafelé fordult helyzetben volt négy sporangium, amelyek egy része mega-, más része mikrosporangium volt. Ez az elhelyezés és szerkezet levezethető a devonkori alakokból *(Hyenia, Calamophyton)*, de azok még izospórások voltak. E növények sporangiumot viselő oldalágai egykétszer elágazó képletek voltak, és az ágakon befelé fordult helyzetben ültek a sporangiumok. A fejlődés csak annyi, hogy a sporofillum némileg lemezszerűvé vált és a spórák elkülönültek. (14. és 15. ábra.)

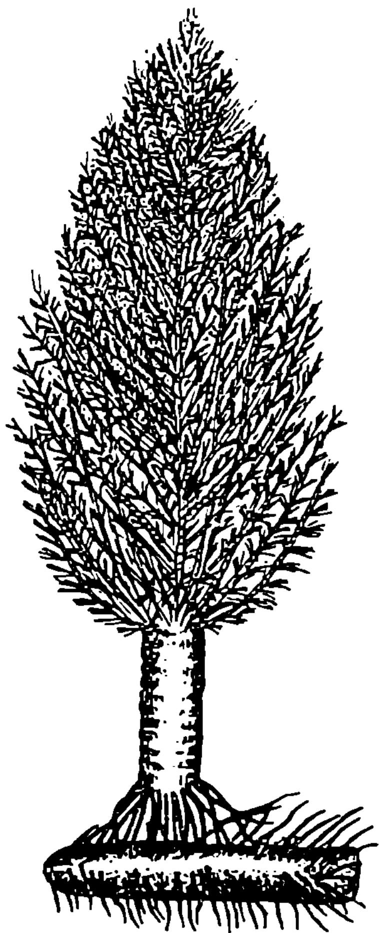
Az őszsurló kétségtelenül mocsárlakó volt, sőt egy-két méter mély vízben élt. Legfejlettebb alakjai a karbon-flóra fénykorában éltek; utódai a szerveződésben és a termetben egyaránt satnyulást mutatnak.

A rendelkezésre álló rengeteg maradványon végzett kutatások alapján a *Lycopsida* és *Sphenopsida* fő típusait ma már aránylag elég jól ismerjük, s az egyes részek közti összefüggés is a legtöbb esetben megállapítható volt. Nehezebb helyzetben vagyunk a páfránylevelű alakok *(Pteropsida)* megítélésében. Ez a növénytípus kialakulása kezdetétől fogva lényegesen szerteágazóbb utakon fejlődött tovább, mint az előbbiek és köztük a leszármazási kapcsolatok is elhomályosodtak. Már az a körülmény, hogy nagy számban vannak kétségtelenül spórás páfrányaink és ugyancsak szép számmal magvaspáfrányaink (amelyeknek sokszor megtévesztően hasonló leveleik vannak, többi jellegükben azonban merően eltérnek), nehézzé teszi a köztük való eligazodást. A nagy különbség a *Lycopsida* és *Sphenopsida* alakszegénysége és a *Pteropsida* alakgazdagsága közt arra világít rá, hogy a *Lycopsida* kis levelei és a *Sphenopsida* örvös elágazása és ugyancsak redukált levélfelülete bizonyos béklyót tettek a szabad fejlődés és változékonyság lehetőségeire. A *Lycopsida* magot termő típusai nem bizonyultak életképeseknek, a *Sphenopsida* típusai nem is jutottak el a magvas törzsfejlő-

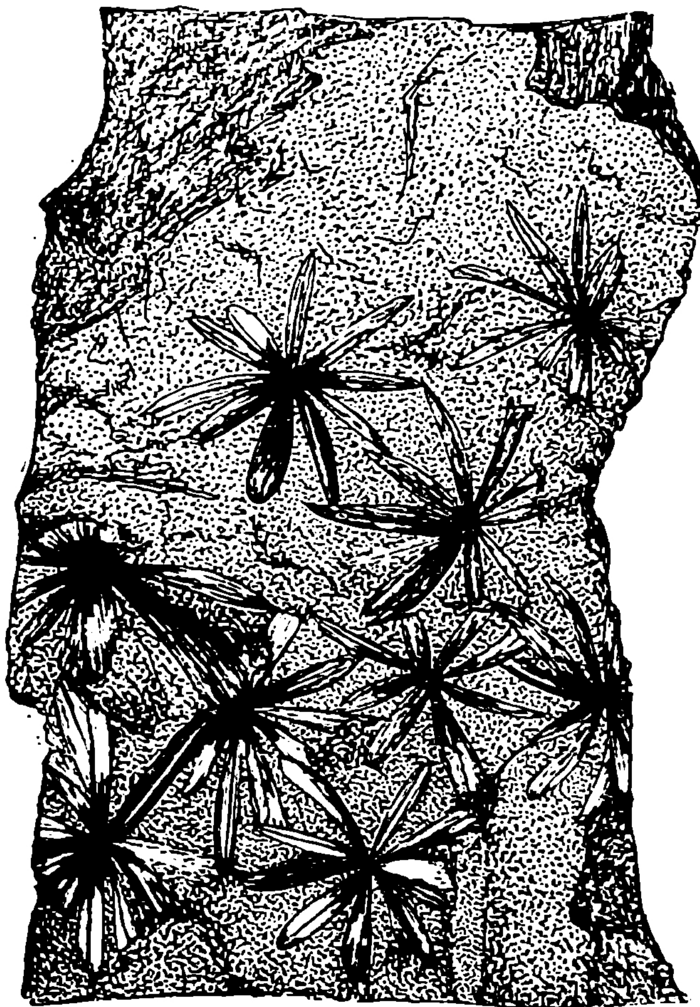
dési fokozatig, ezzel szemben a *Pteropsida* elől minden ilyen akadály elhárult és idővel korlátlan urai lettek a növénytakarónak.

A karbonban a magvaspáfrányokon kívül kezdettől fogva egy másik magot termő típus, a *Cordaites* is élt. Miután ez látszólag semmi rokonságot sem árul el a magvaspáfrányokkal, így nem látszik valószínűnek, hogy közös magot termő őstől származtak volna. Ez arra mutat, hogy — a sikertelen magot termő korpafű-típustól eltekintve — a többi magot termő növény sem közösen szerezte meg ezt a tulajdonságát mint filogenetikai fokozatot. A mag még több fejlődési soron jelent meg fejlődéstanilag teljesen függetlenül. Ezt alátámasztja az is, hogy a devon *Callixylon* is minden valószínűség szerint magvas növény volt, tehát nincs kizárva, hogy egy sokkal ősibb magot termő fás növény is létezett, amelyről egyelőre nincsenek ismereteink.

Foglalkozzunk először a spóráspáfrányokkal. Ezek a karbonban izospórások voltak, mint jelenlegi páfrányaink, néhány vízipáfrány *(Salvinia, Marsilea)* kivételével. Egy részük kétségtelenül fa alakú volt. Törzsszerkezetük aránylag fejletlen volt, másodlagos vastagodás nélkül. Ebben megegyeznek a mai páfrányfákkal. Törzsük tehát az alaptól egészen a levélkoronáig egyforma vastag volt. Sporangiumaik és azok elhelyezése még erősen különbözött a mai páfrányokétól. A sporangiumok általában nagyobbak, vastagabb falúak voltak. A páfrányok sporangiumai a nagy levélen na-



14. ábra. Őszsurló (Calamites) *rekonstruált képe 1/50 term. nagys.* (Hirmer *után)*



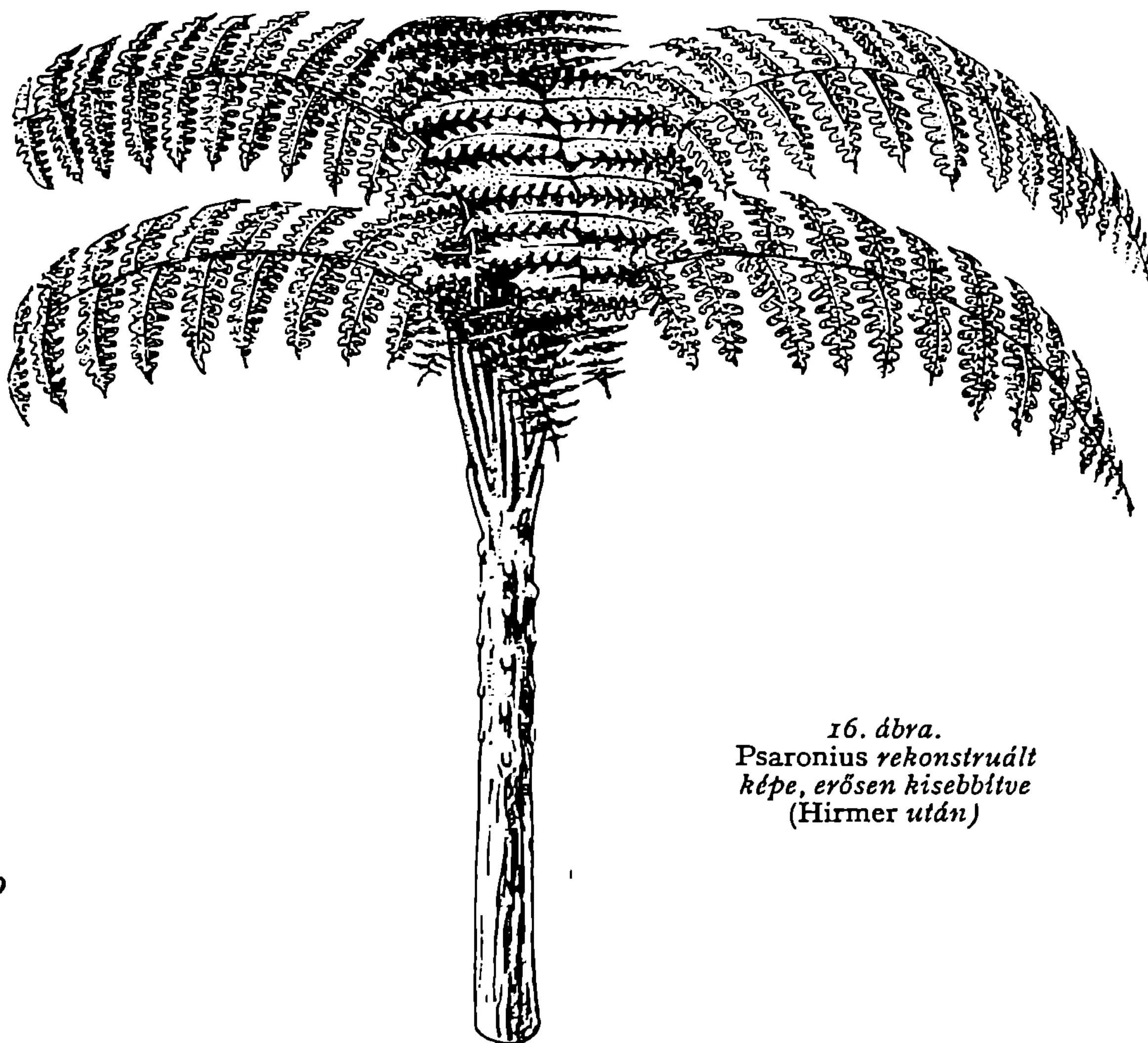
15. ábra. Annularia radiata *Westfália felső karbonjából* (Jongmans & Kukuk *után)*

gyobb számban fejlődtek, és legtöbbször kisebb-nagyobb csoportokban, szóruszokban rendeződtek. Az őscserjék sporangium-elhelyezkedéséből könnyen levezethető a páfrányok sporangiumainak az elhelyezkedése. Az őscserjék sporangiumai ágcsúcsokon fejlődtek. Az ágrendszernek lemezszerű levéllé való alakulásával kapcsolatban a sporangiumok a levél szegélyére kerültek, ahonnan igen sok esetben a levél fonákjára húzódtak.

Nevezetes karbonkori páfrányfa a *Psaronius*. Középmagas törzsének csúcsán hatalmas levelekből álló üstököt viselt. A törzs központi hengere igen vékony volt, de járulékos gyökerekből álló köpeny vette körül. Levele valószínűleg Pecopteris-típusú (lásd később) volt. A sporangiumos leveleket külön névvel jelölik. Ilyen az *Asterotheca*, amelyen a sporangiumok ötösével ún. *szinangium*okba egyesültek. Kétségtelen, hogy voltak fűnemű páfrányok, amelyek vagy a talajon, vagy — mint fán lakók — karbonkori fák koronájában éltek. A sporangiumok szerkezete alapján ezeket a karbon spóráspáfrányokat nagyobbrészt egyes mai trópusi páfrányokkal lehet fejlődéstani kapcsolatba hozni. De minden jel arra mutat, hogy a nálunk is elterjedt valódi páfrányoknak megfelelő alakok is éltek már a karbonban. (16. ábra.)

Itt meg kell még emlékeznünk azokról az ősi páfrányokról, amelyek ugyancsak az őscserjékből származtak le, de megtartották az erős elágazást és nem fejlesztettek lemezes leveleket. Akkor éltek, amikor a másik fejlődési soron már jól fejlett páfránylevelek voltak kialakulva. Utódaik nem ismeretesek, tehát mellékvágányra került törzsfejlődési sort képviselnek. Meglehetősen nagy változékonyságú, több nemzetségre oszló páfránycsoport *(Coenopteridinae)*.

A magvaspáfrányok leszármaztatása egyike a törzsfejlődés igen homályos pontjainak. Újabban egyes kutatók arra a meggyőződésre jutottak, hogy nem közös eredetűek a spóráspáfrányokkal, bár — mint említettük — leveleik a megtévesztésig



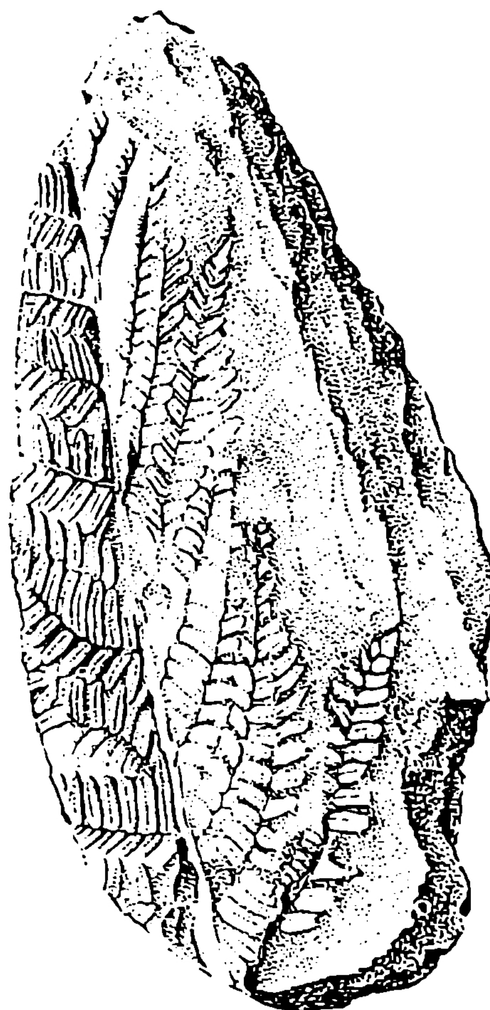
16. ábra.
Psaronius *rekonstruált képe, erősen kisebbítve*
(Hirmer *után)*

megegyeznek. E szerint a felfogás szerint nem is helyesen nevezzük őket magvaspáfrányoknak, mert nem mint páfrányok szerezték meg a magot, hanem tulajdonképpen magvasnövények, amelyek levele páfránylevélszerűvé fejlődött. A közös kapcsolat ellen szól az is, hogy alig ismerünk a magvas állapothoz vezető heterospórás alakokat. A magvaspáfrányok kialakulása nem követte a típusos spóráspáfrányok megjelenését, hanem azzal egy időben történt. A magvaspáfrányok szárának szöveti szerkezete következetesen más, mint a spóráspáfrányoké, mégpedig fejlettebb. Egyetlen hasonlóság azonban a közös származás mellett szól: sok magvaspáfrányon a mag ott jelentkezik, ahol a sporangiumok, tehát magán a páfránylevélen. A spórás és magvaspáfrányok egymáshoz való viszonya ma még nyílt kérdés.

Miután a különböző részek külön-külön találhatók, így különösen a levél és a termőrészek között ismeretlen az összefüggés.

Leggyakoribbak a levélmaradványok. Ezeket mesterséges nemzetségekbe foglalják össze a szárnyacskák alkotása és erezete szerint. Fő típusok: *Pecopteris*, amelynek szárnyacskái széles alappal ülnek a szárny gerincén. A gerincből a szárnyacskába egyetlen ér fut be, amely a szárnyacska főere, és ez a szárnyacskában elágazik. A Pecopteris-típusú levelekről általában az a felfogás, hogy spóráspáfrányok levelei voltak. Az *Alethopteris* szárnyacskái szintén széles alappal ültek a gerincen, de a főéren kívül több gyengébb ér is futott be a gerincből a szárnyacska lemezébe. Erről az a felfogás, hogy magvaspáfrány levele. Ugyancsak magvaspáfrány levele a *Neuropteris*. A szárnyacska alul lekerekített és csak a főere köti össze a gerinccel. A *Spheopteris* szárnyacskái alapjuk felé ék alakúan keskenyednek. Erről is az a nézet, hogy magvaspáfrány levele. (17., 18. és 19. ábra.)

A magvaspáfrányok szárképletei több kategóriába oszthatók. A *Lyginopteris* elnevezésű törzsszerkezet központi bélből, körülötte 5 elsődleges fanyalábból állt, amelyeket megszakítás nélkül vett körül a másodlagos fagyűrű. Ennek a típusnak a levele *Sphenopteris* volt. A *Heterangium* típusú szár közepén az elsődleges fa tracheidái alapszöveti részekkel csoportokra voltak osztva. Kifelé ez a fatest mintegy 20 kötegre oszlott, de csaknem folytatólagos köpenyt alkotott. Ezt csekély



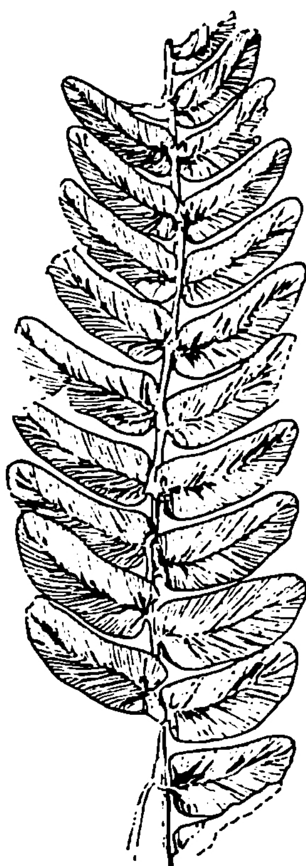
17. ábra. Pecopteris *páfrányszárny-lenyomata a mecseki felső-karbonból (természet után)*



18. ábra. Páfrányszárnyacska-lenyomatok: a = Neuropteris, b = Alethopteris, *a mecseki felső-karbonból (természet után)*

kifejlődésű másodlagos fagyűrű vette körül. A *Medullosa* nevű törzs levelei *Alethopteris* és *Neuropteris* típusúak voltak. A törzsben három különálló központi henger volt, mindegyikben középen az elsődleges fa, körülötte másodlagos fa, kambium és háncsgyűrű. Tehát mindhárom típus másodlagosan is vastagodott. Ennek ellenére a törzsvastagság csak néhány centiméterre rúgott. A magvaspáfrányok nem nőttek komoly fákká, inkább cserjeszerűek voltak.

A levelekhez és szárakhoz természetesen mikrosporangiumos és magot termő részek is tartoztak, de csak kevés esetben ismerjük az összetartozó párokat. Ezek a szervek ismét külön elnevezést kaptak. Ilyen mag-maradvány a *Lagenostoma*, amely a levélszárnyak csúcsán csupasz kocsánykán keletkezett, hordó alakú és néhány mm nagyságú volt. Magát a magot burok *(cupula)* vette körül, de a csúcsot szabadon hagyta. Ez a *Lyginopteris* törzshöz tartozott. A *Medullosa* törzzsel hozzák kapcsolatba a *Trigonocarpus* nevű magot, amely néha 5 cm hosszúra is megnőtt. A magkezdemény külső burka lapított volt, és rajta hosszú csatorna vezetett végig a petesejtet magában foglaló nucellushoz. Érdekes, hogy ezek a magok, illetve magkezdemények egymáshoz hasonló felépítésűek voltak, sőt lényegileg megegyeztek a mai nyitvatermők magkezdeményével. Ovális képletek; a magkezdemény *(nucellus)* testét egy burok *(integumentum)* veszi körül, amely vagy végig rá van nőve a nucellusra és csak a csúcsot hagyja szabadon, vagy szabad és csak alul nő össze vele. A burok csúcsán mindig nyílás volt a mikrospóra *(pollen)*befogadására. Sőt a nucellus csúcsán gyakori volt — és ma is előfordul — egy kis mélyedés *(pollenkamra)*, ahol a pollen mindaddig időzik, amíg a megtermékenyülés meg nem indul. Ez arra mutat, hogy a spórák törzsfejlődésük során nem azonnal vesztették el teljesen a nyugalmi állapotot, hogy azt a mag nyugalmi állapota helyettesítse, hanem fokozatosan.



19. ábra. Neuropteris gigantea *páfrányszárny* (Zelesski *és* Csirkov *után)*

A mikrospórás szervek szintén változatosak voltak. A mikrosporangiumok harang vagy orsó alakú szervekben csoportosultak. Ezek is külön-külön néven ismeretesek.

Ezenkívül még számos magvaspáfránynak vélt vagy valóban magvaspáfrány maradványt fedeztek és fedeznek fel nap-nap után. A fiatalabb rétegekből előkerült magvaspáfrányok maradványai, mint látni fogjuk, egyre inkább elvesztik a páfrányjelleget. Így már azok a levelek is alapvetően különböznek a páfránylevelektől, amelyeket a déli félgömb felső karboni flórájában találunk. Ezek nyelv alakúak és *Glossopteris* néven ismeretesek. Róluk az egész flórát Glossopteris-flórának nevezzük. Erre a környezeti viszonyok tárgyalásakor még visszatérünk. Itt csak arra kívánunk rámutatni, hogy mennyire együttjár a változékonyság és az alkalmazkodóképesség. A kevésbé változékony karbon-típusok (pikkelyfák, pecsétfák, őszsurlók) nem tudtak alkalmazkodni hűvösebb és szárazabb éghajlathoz, csak a nagyon változékony magvaspáfrányok.

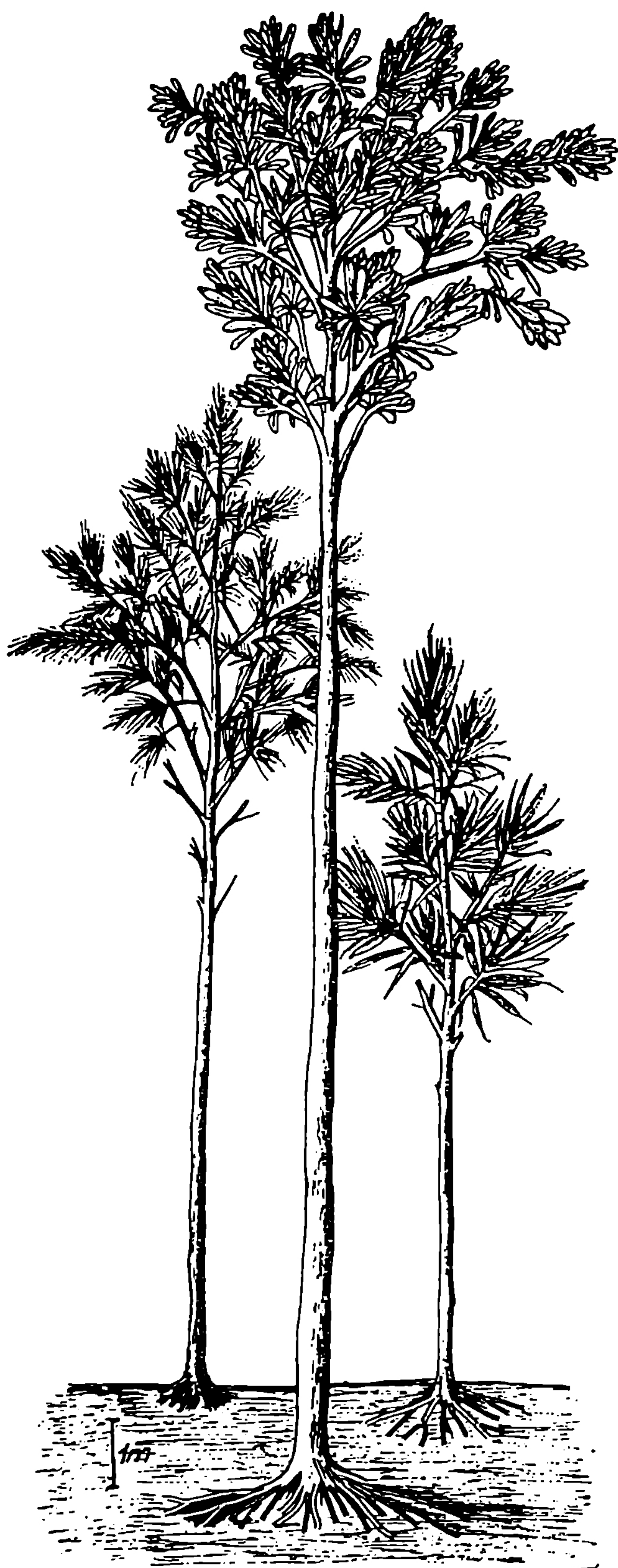
A magvaspáfrányokkal itt tovább nem foglalkozunk, mert róluk való ismereteink bizonytalanok. Mindenesetre sohasem éltek olyan tömegben és nem alkottak olyan dús növényzetet, mint a nagy karboni nemzetségek. A törzsfejlődés szempontjából azonban a legnagyobb fontossá-

gúak. A korszerű elgondolás ti. az, hogy a zárvatermők, sőt a nyitvatermők egyik-másik további osztálya is a magvaspáfrányokból származik. Egy nagy törzsfejlődési sorból akkor szokott leszakadni — lényeges törzsfejlődési változással — egy új növénytípus, amikor az anyatípus még erősen virulens és nincs hanyatlóban. Ha tehát megállapítjuk, hogy a magvaspáfrányok fénykorukat a permokarbonban élték és ugyanakkor voltak a legváltozékonyabbak, a leginkább virulensek, akkor a belőlük kialakuló új típusok kifejlődése nem várathatott sokáig. Míg a *Cycas*-félék (szágópálmák), amelyek őséül szintén magvaspáfrányalakot vehetünk számításba, már a karbonban előrevetik árnyékukat, és a permben meglehetősen nagy számban meg is jelennek, addig a zárvatermők kialakulását sem tehetjük későbbre, mint a permre vagy legfeljebb a triasz elejére, bár maradványaikkal csak később találkozunk. Itt még csak annyit jegyzünk meg, hogy már a magvaspáfrányok is annak a biológiai célszerűségnek a jegyében jöttek létre, hogy a növény függetlenné váljék a felszíni víztől. A permben meginduló aszályosodás folyamán kialakuló új zárvatermő típus is hasonló szükségszerűségnek a szülötte.

Az utolsó itt részleteiben tárgyalandó karbon-nemzetség a *Cordaites*, magyarul: ősfa. Törzsében — és bizonyos fokig termőrészeiben is — némi hasonlatosságot mutat a nem sokkal később megjelenő fenyőkkel. A Cordaites kétségtelenül az első olyan nagy tömegben jelentkező fatípus, amely szárazabb, nem mocsári talajon alkotott erdőket. A növénymaradványok mindig vízben temetődnek be; szárazon nem maradhatnak fenn. Így a *Cordaites*-maradványok zömét is a többi karbonnövény maradványaival együtt találjuk. Mégis az a megyőződésünk, hogy a *Cordaites* már roppant nagy olyan területen élt, ahonnan nincsenek maradványaink. Elterjedése ugyanis nagy volt, Földünk legtöbb részéről vannak rá vonatkozó adataink — nemcsak az északi, hanem a déli félgömbről is. (20. ábra.)

A *Cordaites* törzsét, leveleit, pollentermelő és magot hozó szerveit, végül magvait is elég jól ismerjük. Eredete azonban teljesen elvész a múlt homályában. Igaz, hogy törzsének szerkezete hasonlít a devonban élt *Callixylon* törzséhez, de ez utóbbinak egyetlen más szervét sem ismerjük. Felfelé bizonyos kapcsolatokat mutat a fenyőkkel, de a *Cordaites* meglehetősen egyöntetű típusú volt, s közte és a legősibb fenyők közt olyan nagy a szakadék, hogy közvetlen leszármazásra nem gondolhatunk. Valószínű, hogy mindkét típust ugyanaz a körülmény hozta létre: a szárazabb termőhelyek magas termetű növényekkel való benépesülésének a lehetősége.

A *Cordaites* magas fa volt, 20—30 méteresre nőtt. Törzsének közepét szakaszos bél foglalta el. A pusztuló bél helyét betöltő kőbelet *Ardisia* néven írták le. A törzsnek ugyanaz volt a szöveti felépítése, mint az *Araucariák*nak. (Az Araucaria — más néven szobafenyő — a fenyők egyik igen régi, ma a déli féltekére szorítkozó élő nemzetsége, amelyről később még bővebben lesz szó.) A *Cordaites* belét gyűrűben elhelyezkedő kollaterális edénynyalábok vették körül, erre következett a másodlagos fa, amely csak tracheidákból állt. Egyes típusokon állítólag az elsődleges fában valódi edényeket is figyeltek meg. A tracheidák fala az alsó fejlettségi fokon léces, spirális, vagy lépcsős megvastagodású, később fejlődik ki a vermes megvastagodás. Ezt a *Cordaites* törzsében önmagában láthatjuk. Az egyedfejlődés a törzsfejlődés tükre. Valójában az első, tehát a bél közelében levő tracheidák léces megvastagodásúak, a későbbiek vermesek. A vermek a tracheida sugár irányú falán több sorban váltakozva fejlődnek, és egymáshoz szorulva eredeti kör alakjuk hatszögletűvé válik. Miután a mai fenyők közt az *Araucaria*-féléknek van hasonló tracheida-szerkezetük, ezt a szerkezetet *araukaroid*nak nevezzük. Érdekes, hogy nemcsak a *Cordaites*nek, hanem az összes korai fenyőszerű törzsnek a devonban ilyen szerkezete volt, sőt, a *Callixylon*nak is. Az araukaroid törzsszerkezet tehát igen ősi. Miután azonban kétség-



telen, hogy a törzsszerkezet és a növény többi sajátságai közt nincs szoros kapcsolat, ezért az ilyen törzseket nemzetségre meghatározni kellő biztonsággal nem lehet. Így itt is közös mesterséges nemzetséget állítottak fel, s az ilyen törzseket a *Dadoxylon* nemzetségbe osztják be.

A *Cordaites* levelei szalagszerűek, párhuzamos erezetűek voltak, néha fél méteresre is megnőttek. Párhuzamos erezetükkel az egyszikűekre emlékeztetnek. Porzós és termős hajtásaik különkülön fejlődtek, kis pamacsszerű gomolyokban, amelyekből több volt a hajtáson. Míg a legtöbb ősi növényen a hím spóra kapcsolatát a női ivarszervvel nemigen ismerjük, addig a *Cordaites* pollenszemeit szerencsés esetben megtalálták a magkezdemény nucellusának pollenkamrájában. Így az összetartozás kétségtelen. A pollenszemek kicsírázva többsejtűek voltak. A mag lapított szív alakú volt, és lelógó helyzetben fejlődött ki.

A *Cordaites*ek mai ismereteink szerint az alsó permben még éltek, de utána nyomtalanul és utód nélkül eltűntek.

A karbonból még további magvasnövények nyomait is ismerjük. Ezek az ősi fenyők, a szágópálma- és *Ginkgo*-félék. Minthogy ezek a karbonban még csak elszórtan hagytak vissza maradványokat, ezek egy része is bizonytalan, s a növénytakaróban sem játszhattak jelentős szerepet, ezért törzsfejlődésükkel, ökológiájukkal és egyéb tulajdonságukkal később kívánunk foglalkozni.

20. ábra. Ősfa (Cordaites) *típusainak rekonstruált képe; a term. nagys. mintegy 1/100-ad része* (Mägdefrau *után)*

A karbon-erdő arculata és környezeti viszonyai

A növénytakaró arculatát az egyes növények termete, növekedési és elágazási módja, egymáshoz való viszonya (ahogy egymás mellé sorakoznak), valamint lombjuk minősége, és a tenyészetben való folytonosság, vagy az év bizonyos szakaszán beálló nyugalmi idő adja meg. A karbonban kevés kivétellel olyan növények éltek, amelyek felépítésben is merően különböztek a jelenlegi növényektől.



21. ábra. Karbon-erdő (Seward *után)*

Ezért a karbon-erdő arculatát nem állapíthatjuk meg úgy, hogy valamely táj jelenkori növénytakarójával összehasonlítjuk. Itt az egyes növények felépítéséből kell kiindulnunk és elképzelnünk az együttes felépítését. (21. ábra.)

Először a magasabb szintet, tehát a fa alakú növényeket kell figyelembe vennünk. Ezek magános törzsű fák voltak, amelyek csak bizonyos magasságban ágaztak el. Az elágazás a *Lycopsida* típuson következetesen villás és egyúttal igen szabályos volt. A levelek fokozatosan hulltak le és mindig újra képződtek, a fa tehát sohasem volt lombtalan. A *Calamites monopodiális* örvös elágazású és felépítése is rendkívül szabályos. Monopodiálisak — váltakozó állású ágakkal — a magvaspáfrányok és a *Cordaites*. Az utóbbiak elágazási módja és termete bizonyos mértékig megközelíthette a mi erdei fáinkét és cserjéinket, így az ezek alkotta erdő lombsátra egységesebb, folytonosabb lehetett az előbbiekénél. A magas *Cordaites*-lombsátor alatt kialakult egy cserjeszint magvaspáfrányokból, és valószínűleg egy gyepszint is, amelyben főképpen spóráspáfrányok, esetleg korpafüvek és csipkeharasztok is helyet foglaltak. Kialakulhatott egy mohaszint is. Ez volt az az erdő, amely körülvette a karbonkori medencék mocsarait, és bizonyos mélységig behatolt a szárazabb kontinentális belső

övekbe is. A *Cordaites* lombja az elhelyezkedése szerint örökzöld, de periodikusan lehulló is lehetett. Az a körülmény azonban, hogy a törzsek megvastagodásában nincsen szakaszosság, világosan mutatja, hogy a tenyészidőt nem szakította meg nyugalmi időszak. Így a *Cordaites*t és a magvaspáfrányokat is örökzöldeknek kell tekintenünk.

A mocsári, de mélyebb vízzel sohasem elöntött talajon díszlő pikkelyfaerdő arculata mindenesetre bizarr lehetett. A földbeli Stigmaria és a kiszélesedő lombkorona arra mutatnak, hogy a fák nem állhattak nagyon közel egymáshoz. A lombkorona az eddigi vizsgálatok szerint terjedelemben lényegesen meghaladta a Stigmariát. A lombkoronák eszerint érintkeztek, sőt egymásba is fonódhattak, de nem alkottak egységes lombsátort. A páfrányfák mint magasfokú légnedvességet igénylő, magas termetű növények valószínűleg ebbe az erdőbe tartoztak. Ezeknek a koronája dúsabb volt és nagyobb árnyékot vetett. Itt is kialakult egy bizonyos árnyéknövényzet, főképpen páfrányokból. A ma élő csipkeharasztok is árnyéklakók. A létért való küzdelem és a törzsfejlődés irányai tehát nemcsak magas fákat eredményeztek, hanem a fa lombkoronája alatti űrt is kitöltötték megfelelő növény-alakokkal. Megszületett a szinteződő erdő. A fák törzsére liánok, *Sphenophyllum* és felfutó páfrányok kúsztak fel, sőt valószínű, hogy ágaik közt is megtelepedtek fán lakó növények.

Mint harmadik növénytársulás-típus, az őszsurló-mocsárerdő a mélyebbvizű mocsarakban alakult ki. A zsurlók törzse a földbeli rizómából rendszerint nem magánosan emelkedett ki, hanem hármasával, így ez bizonyos nagyobb társulóképességet adott a *Calamites*nek. Egyébként kúp alakú termetükkel szintén nem alkothattak összefüggő lombsátort; együttesük ebben a tekintetben a fenyvesekre hasonlított.

Igen sok vita folyik a karbon éghajlatáról. Mikor kiderült, hogy a karbon-növényzet megközelítette a sarkokat, arra gondoltak, hogy Földünkön akkor mindenütt egyöntetű meleg és nedves éghajlat uralkodott. Ezt azzal magyarázták, hogy köd-öv borította el a Földet és egyenlővé varázsolta a hőmérsékletet. Ez természetesen ellenkezik az aktualizmus elvével, amely szerint a múltban a természeti törvényszerűségek azonosak voltak a jelenlegiekkel, noha az egyes tényezők nagyságrendben el is tértek a maiaktól. *Wegener*nek, akinek elmélete szerint a szárazföldek helyzete a sarkokhoz és az egyenlítőhöz az idők folyamán lényegesen változott, sikerült magyarázatot találni erre a problémára. De azért mégsem eldöntött kérdés, hogy a karbon növényzetének elterjedése milyen mértékben vezethető vissza a szárazföldek eltolódására és milyen mértékben más tényezőkre. Annyit bizonyosnak kell tekintenünk, hogy annak a roppant szerves anyagnak a termeléséhez amelyből a karbonkőszenek képződtek, sok napfényenergia, aránylag magasabb hőmérséklet és kellő nedvesség volt szükséges. Most már az a kérdés, hogy milyen volt az éghajlat jellege, és milyen nagyságrendűek lehettek az éghajlati tényezők.

A karbonkori életformák közül egyedül a páfrányfa az, amely ma is él. Ennek az életformának az elterjedése ma a nedvesebb trópusokra és a kiegyenlített éghajlatú déli félgömre szorítkozik. Az tehát bizonyos, hogy ahol páfrányfa élt, ott az éghajlatban nem lehettek nagyobb szélsőségek. A továbbiakra olyan jellegeket kell keresnünk a karbon növényi életében, amelyek egy bizonyos éghajlat-típus vonásai.

A legtöbb karbonkori fa ún. üstökösfa. Az üstökösfa csúcsán és ágain fokozatosan fejlődnek levelek, amelyek fokozatosan hullanak le. A növény tehát állandóan, de mindig csak a csúcsán leveles. Ilyen mai fák a pálmák, a szágópálmák stb. Ezek élete trópusi vagy legalábbis meleg szubtrópusi hőmérséklethez van kötve. A pikkely- és pecsétfák lombkoronája a kétségtelenül nagy nedvesség ellenére — mint említettük — párolgáscsökkentő berendezésű. A trópusi őserdők legmagasabb fáinak lombja is párolgáscsökkentő sajátságokat mutat. A trópusok egyik jellemző jelensége

a kauliflóra. Trópusi vonás a liánok nagy száma is. Azt pedig, hogy a tenyészidőben nem volt megszakadás, mutatja a másodlagosan vastagodó fákon az évgyűrűk hiánya. Mindez arra vall, hogy a karbon-erdő éghajlata trópusi, kiegyenlített, állandóan csapadékos és páratelt volt.

A karbonban mérhetetlen tömegben képződött a kőszén, ami nagy szerves anyag termelésre vall. Az évgyűrűk és minden időjelző jelenség nyomának a hiánya miatt mégsem tudjuk a szerves anyag produkciójának az intenzitását felmérni. Ismerjük a pikkelyfák magasságát, törzsük vastagságát, így szerves anyagukat akár súlyban is meg tudjuk adni. De nem tudjuk, hogy testüket milyen időtartam alatt építették fel. Méréseket végeztek trópusi őserdőkben, ahol a növény életviszonyai az elmondottak szerint legjobban felelnek meg a karbonkori viszonyoknak, és arra az eredményre jutottak, hogy azok szerves anyag produkciója nem haladja meg egy jó termőhelyen álló mérsékelt övi erdőét. Ennek nagyrészt az a magyarázata, hogy a trópusi forró éjszakák folyamán a növény a napfényben felépített szerves anyag nagy részét lebontja. Ezt jól ki lehet mutatni az asszimiláció és légzés intenzitásának a mérésével különböző hőmérsékleten. Ez természetesen csak a ma élő növényekre vonatkozik; a kihalt növényeket e tekintetben nem tudjuk megítélni. Mégis az a meggyőződésünk, hogy akkor is nagy volt a lélegzés következtében való leépítés, és így a szerves anyag-produkció nem volt lényegesen nagyobb, mint más korokban és más éghajlat alatt. Semmi támpontunk sincs arra nézve, hogy egy adott vastagságú kőszénréteg milyen időtartam alatt képződött. Így arra a következtetésre kell jutnunk, hogy ezt a roppant szerves anyag-tömeget, amely részünkre a karbonból visszamaradt, nem annyira a növényzet különlegesen magas szerves anyag termelésének, hanem inkább a kedvező betemetődési körülményeknek kell betudnunk. A karbonban nagy területeken alakultak ki lefolyástalan medencék, és terjedelmesek voltak a tengerparti lagunáris mocsarak is. Nagy kiterjedésű mocsárerdők alakultak, és ezek fatörzsei egymás után dőltek el a mocsár vizébe, ahol az iszap rövidesen betemette őket.

A karbon-flóra időbeli és térbeli tagolódása

A karbon olyan kor, amelyet növényzete alapján jól lehet tagolni. A karbon-fajok általában nagy elterjedésűek voltak, és így kihalásuk, valamint újak fellépése a flóra tanulmányozásakor jól kiütközik. A részletesebb tagolásba nem szándékozunk belemenni, csak a legnagyobb vonalú változásokra térünk ki.

Az alsó-karbonban Földünk flórája nagyon egységes volt. Ugyanazok a vezértípusok uralkodtak az egész Földön, beleértve a déli félgömböt is. Ez arra enged következtetni, hogy a szárazföldi növényzet terjedésének megvoltak a lehetőségei, és nagyjából egyforma volt mindazoknak a területeknek az éghajlata, ahonnan karbon-növényeket ismerünk.

Nagy elkülönülés következett be a felső-karbonban. A déli félgömb növényzete teljesen elszakadt az északi fégömbétől. Ennek két oka volt. Először is a déli félgömb szárazulat-tömbje, a Gondvana föld elvált az északi szárazulatoktól. Másodszor a Gondvana éghajlata egészen megváltozott. Helyenként eljegesedési nyomokra bukkantak, a növényzet pedig — a hűvösebb és szárazabb éghajlatnak megfelelően — rendkívül elszegényedett. A magas termetű és így nagy hő- és nedvesség-igényű nemzetségek legnagyobbrészt eltűntek, s helyüket apróbb cserjeszerű növények vették át. Ezek minden valószínűség szerint magaspáfrányok voltak. Leveleik egyszerűek,

nyelv alakúak (*Glossopteris, Gangamopteris* stb.). Természetesen az egész növénytakaró arculata és élete is megváltozott. A buja erdők helyére gyér, szegényes cserjések léptek. A nagylevelű páfrányok helyét az egyszerű lombú magvaspáfrányok foglalták el. A hideg évszak szabályszerű beköszöntésének tanúiként megjelentek az évgyűrűk. Az északi félgömb karbon-flórájától elkülönült a déli félgömb Glossopterisflórája. (22. ábra.)

A Glossopteris-flórát a ma a déli félgömbön fekvő szárazulatokon kívül Elő-Indiából is ismerjük. Ebből arra következtetnek, hogy ez is a Gondvanához tartozott.



22. ábra. Glossopteris-*flóra a déli félgömb felső-karbonjából* (Seward *után*)

Az északi félgömbön a flóra tagolódása csak a permben válik észlelhetővé. Miután itt már újabb, sok tekintetben nagy fejlődéstörténeti lépéssel előrehaladott típusok is jelentkeznek, így a tagolódást az új típusok ismertetése kapcsán tárgyaljuk.

Annyit mégis hozzá kell fűznünk a felső karbon növényzetének ismertetéséhez, hogy a karbon-típusok nagy része akkor élte fénykorát, a típusok felaprózódása tovább folyt és így a növénytakaró bujább lett, összetétele pedig változatosabb. A spórás és magvas növények közt tovább folyt a küzdelem az elterjedésért.

Hazánkból nagyon gyéren kerültek elő karbon-növények. Ismerünk *Calamites* maradványt a dunántúli Füle község határából, a Mecsekből, és a Bükk-hegységből. *Neuropterist* a Bükkből és a Mecsekből, utóbbi helyről *Alethopterist* és *Pecopterist* is. A maradványok száma rendkívül csekély. Karbonkori kőszénképződés nálunk nem ismeretes, így a fentiek külföldi kutatók munkásságán alapulnak.

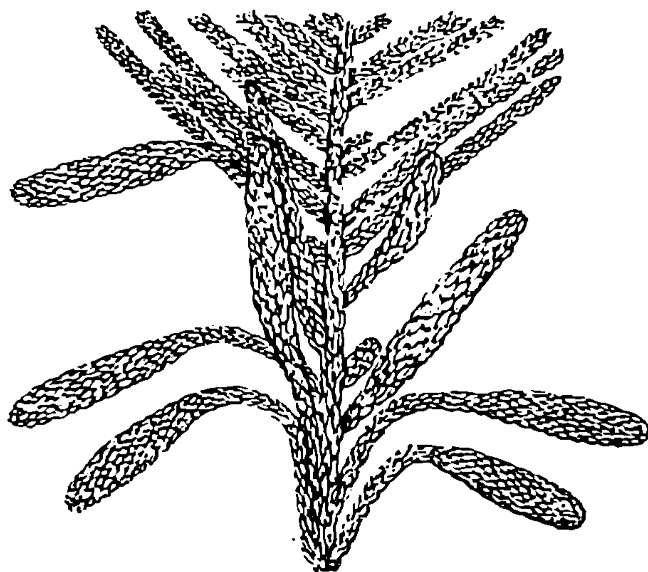
A permben meginduló aszályosodás eldöntötte azt a párharcot, amely a karbon folyamán a spórás és magvas növények közt folyt. A mocsári élettérhez kötött nagy termetű spórás növények olyan mértékben vesztettek tért, amilyen mértékben a mocsarak összezsugorodtak. Nagy területeken a kőszénképződés is alábbhagyott vagy egészen megszűnt, másutt viszont — így elsősorban Kínában — tovább folyt, sőt fokozódott. A karbonkori növény-nemzetségek hatalmának megtörése hosszabb ideig tartott, és csak lépésről lépésre ment végbe. Egyes típusok szárazságtűrőbb utódokat hagytak hátra, más típusok utód nélkül „szálltak sírba". Utódot hagyott vissza a pecsétfa és a *Calamites*, bár ez utóbbi mindig mocsárlakó volt, nem vált szárazságtűrővé, azonban megkezdődött az elsatnyulás. Utód nélkül halt ki a pikkelyfa és a *Cordaites*. Ezzel szemben a magvaspáfrányokon csak az asszimiláló felület csökkenése, illetve a levél egyszerűsödése következett be. Hasonló átalakuláson mentek keresztül a spóráspáfrányok is, anélkül, hogy bármelyik vesztett volna abból a helyzeti energiából, amelyet korábban megszerzett. Ezek mellé azonban új életerős típusok alakultak ki, amelyek uralkodó tagjaivá váltak a későbbi korokban itt is, ott is a növénytakarónak.

Az ősi fenyők *(Voltziales)* már a felső karbonban jelentkeznek. Beható vizsgálatok alapján több nemzetséget állítottak fel, amelyek elsősorban a termős virág alkotásában különböznek egymástól. A fenyők levelei akkor is tűlevelek voltak, és bizonyos tekintetben a szobafenyőnek *(Araucaria)* vagy a mammutfenyőnek *(Sequoia gigantea)* a tűire emlékeztetnek. Egy részüknek nem volt valódi tobozuk, újabban azonban a felső karbonban valódi toboz maradványait is felfedezték.

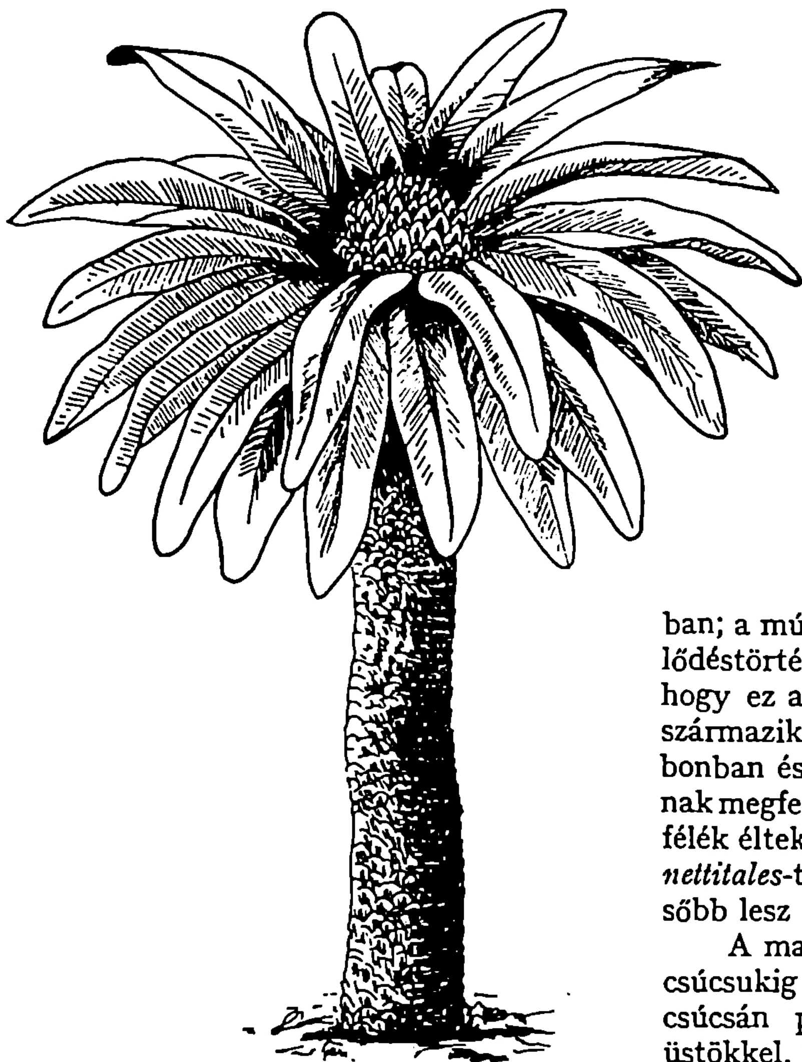
A legősibb fenyő-nemzetségek közül legismertebb a *Lebachia*. Tűi az ágakon szórtan és sűrűn álltak, kissé görbültek, s négyszögletes keresztmetszetűek voltak. Termőtobozuk lazább képlet volt. Murvalevelei hónaljában (ezek megfelelnek a tobozpikkelyeknek) törpehajtások fejlődtek, s rajtuk csavarvonalban álló meddőlevelek felett egy-egy termőlevél alakult. A termőlevél a csúcsán kétkaréjú volt, egyetlen magkezdeménnyel. A porzóshajtások kevésbé ismeretesek; a pollen a *Cordaites*éhez hasonlított. (23. ábra.)

Leveles ágakkal és tobozszerű képletekkel összefüggésben levő ősi fenyőtörzset ez ideig nem találtak. Miután azonban az akkori fenyőtörzsek következetesen araukaroid szerkezetűek, így a *Lebachia* törzsének is ilyennek kellett lennie. Araukaroid szerkezetű fenyőtörzseket hazánk permjéből is írtak le *Ullmannites* és *Dadoxylon* nevek alatt (a Balaton mellől és a Mecsekből).

A permből több más fenyőnemzetséget is ismerünk, régi elnevezésük szerint *Voltzia*, *Walchia* és *Ullmannia* néven. Mindezek egyik ma élő fenyő-családba sem oszthatók be, így a maiakkal való összehasonlítás révén tulajdonságaikat, főképpen a környezet iránt támasztott



23. ábra. Lebachia *tűleveles ága és toboza, némileg kisebbítve* (Florin *után)*



24. ábra. Bjuvia, *a szágópálmafélék egyik ősi alakjának rekonstruált képe mintegy 1/30-ad term. nagys.* (Florin *után)*

igényeiket nem tudjuk felmérni. Minden jel arra mutat, hogy ezek a fenyők az *Araucariá*nak, a *Sequoiá*nak, és sok más régi típusnak megfelelően kiegyenlített éghajlatot igényeltek, hasonlót, mint a zárvatermő fák közül a babérlevelűek.

A másik új növénytípus a *Cycas* (szágópálma). Ma egyetlen osztályban foglaljuk össze az ide tartozó nemzetségeket, a *Cycadinae* osztályában; a múltban azonban egy másik, külön fejlődéstörténeti sorozatuk is élt. Így valószínű, hogy ez a típus polifiletikus (több ős-alaktól származik). A jelenlegi felfogás az, hogy a karbonban és a permben csak a ma élő osztálynak megfelelő, szűkebb értelemben vett Cycas-félék éltek. Később keletkezett az ún. *Bennettitales*-típus, amely azóta kihalt. Róluk később lesz szó.

A mai Cycas-félék egyszerű, aljuktól a csúcsukig egyenlő vastag törzsű fák, a törzs csúcsán pálmalevélszerű levelekből alakult üstökkel. Nem lombhullatók, így keményebb telű területeken nem fordulnak elő, és csaknem egészükben a trópusokra szorítkoznak. Levelük alkotása és több fajnak hordószerűen megrövidült törzse is arra mutat, hogy szárazságtűrő berendezkedésűek. A trópusokon valóban inkább szárazabb éghajlaton élnek és sokszor ritkább, szavannaszerű társulások tagjai.

A mai Cycas-félék kétlakiak, s minden valószínűség szerint a *Cycadopsida* osztály kihalt alakjai is kétlakiak voltak. A porzósvirágok tobozszerű füzérben állnak, s a hasábszerű porzóleveleken számtalan portok található. A termőlevelek — vagy a lomblevelek módjára, azokkal váltakozva fejlődnek, szárnyasan hasogatott levélszerűek, s a levél alsó szeletei alakulnak át magkezdeményekké (*Cycus*-típus); vagy a termőlevelek is tobozban fejlődnek, amikor is a magkezdemények a csúcsukon pajzsszerűen kiszélesedett termőlevelek szegélyén befelé fordult helyzetben alakulnak (*Zamia*-típus). Az általános vélemény szerint a múltban mindkét típus megvolt. (24. ábra.)

A Cycas-félék a *Pterophyllummal* már a felső karbonban megjelennek, de nagyobb jelentőségre csak a permben jutnak, akkor is csupán egyes helyeken. Általánosabb elterjedést csak a középkorban értek el.

A szágópálma-félék feltétlenül páfránylevelű ősöktől származtak le, mert leveleik fiatal korban pásztorbotszerűen kunkorodottak. Törzsük szerkezete alacsony fejlődési fokon áll. Úgy gondoljuk, hogy a permtől a jelenig nem ment át további nagy változáson.

A harmadik új növényalak a Ginkgo- vagy páfrányfenyő típus. Miután ebből a típusból is maradt fenn — bár csak egyetlen — hírmondó, a *Ginkgo biloba*, így róla visszakövetkeztethetünk a letűnt nemzetségekre és fajokra. A *Ginkgo* ősi mivoltát mutatja, hogy noha elágazása tisztán monopodiális — levelének erezete megtartotta villás elágazását. A víztől már régen függetlenné vált megtermékenyülési módja ellenére — éppúgy mint a Cycas-féléken és legújabb vizsgálatok szerint az Araucaria-féléken is — a megtermékenyítő sejtmag még mindig csillangós, mozgó spermatozoida.

A Ginkgo-félékkel új szín vonult be a növénytakaróba: *megszületett az első valódi lombosfa*. Hogy az ősi Ginkgo-félék lombhullatók voltak-e, arra semmi támaszpontunk nincs. Mindenesetre a ma élő *Ginkgo biloba* lombhullató.

A Ginkgo-levél legyezőszerű, középen behasított. A korai alakoké nagyobb és erősebben tagolt volt, de hasonlóan elágazó erezettel. Ilyen leveleket már a devonból ismertettek *Psigmophyllum* néven, de ezek idetartozása kétséges. A karbon végén azonban már biztosan idetartozó alakok (pl. *Baiera*) is éltek, s a permben igen sok helyről, így hazánkban a Mecsekből is ismertté váltak. Fénykorukat azonban csak később élték. Legnagyobb alakgazdagságuk a földtörténeti középkorra esik. (25. ábra.)

A Ginkgo-félék leszármazása ismeretlen. A ma élő faj törzsszerkezete megfelel egyes fenyőkének, ugyanígy az a körülmény is, hogy e levelek a fiatal hajtásokon szórtan, az idősebbeken pedig törpehajtásokon fejlődnek, vagyis hasonlóan, mint a vörösfenyő és a cédrus tűlevélállása. A magfejlődés nagyon közeláll a tiszafáéhoz, olyannyira, hogy régebbi rendszerek a tiszafafélék családjába osztották be. Maga a fa kúp alakú, és termete a fenyőkre emlékeztet. Mégis valószínűtlen, hogy a fenyők és a Ginkgo-félék közt közvetlen leszármazási kapcsolat legyen.

A *Ginkgo*ban újabb olyan fanemet ismerhetünk meg, amely egyrészt a mocsári életmódtól teljesen el tudott szakadni, másrészt lombhullatásával a kedvezőtlen évszakot is képes átélni. Úgy gondoljuk, hogy hűvösebb és szárazabb, hosszabb- rövidebb kemény telű éghajlat alatt, a kistermetű magvaspáfrányok „mellé" alakult ki ez a hatalmas termetű fatípus.


25. ábra. Ginkgoites *(fent) és* Baiera *(lent) levelei* (Mägdefrau *után)*

Az itt ismertetett új típusok egymás után nyomultak be a permben visszamaradt karbonkori típusok közé. Ez utóbbiak közül még egy darabig tovább él úgyszólván az összes típus, de a perm folyamán már egymás után szállnak sírba. Először a *Cordaites*, azután a *Lepidodendron*, a *Sigillaria* és a *Calamites*, melyek közül egyik sem élte meg típusos alakjában a perm végét. A *Pteropsida* közül egyik-másik tovább élt, sőt átment a triászba is. A magvaspáfrányok közül a *Glossopteris* is tovább él. Az

északi félgömbön kialakul egy új magvaspáfrány — a perm nagyon jellemző növénye, a *Callipteris* — talán az utolsó valóban páfránylevelű magvas növény. A későbbi magvaspáfrányok levele már mind leegyszerűsödött.

A déli félgömbön a permben az északitól függetlenül tovább él a *Glossopteris*-flóra, de mint már említettük, az északi félgömb flórája is kezd tartományokra tagolódni, amelyek növénytípusaikban válnak el egymástól. Kialakul egy atlanti-kínai flóra, amely elborította Észak-Amerikát, Európát és Ázsia délebbi részét Kínáig. Ettől elválik az Észak-Ázsiára szorítkozó ún. Kuznezk-flóra. Az utóbbi főképpen abban különbözik az előbbitől, hogy meglehetősen sok olyan elemet tartalmaz, amelyek a Föld középkorának flórájára jellemzők, míg a többi terület megtartja régi színezetű flóráját. Ezenkívül az atlanti-kínai flórában sok a magvaspáfrány, míg a kuznezk-flórában lényegesen kevesebb.

A perm folyamán az atlanti-kínai flóra is tovább tagolódik. Kialakul a sanszi vagy kataizia-flóra Kínában, amelyre jellemző az Európából hiányzó *Gigantopteris* nevű magvaspáfrány és a *Lobatannularia*, amely annyiban különbözik az *Annulariá*-tól, hogy az örv levelei egyenlőtlenek. Érdekes, hogy a *Gigantopteris* Kínán kívül Texasban is feltűnik!

A permben a *Bennettitales* rend kivételével az összes nyitvatermő növénytípus kialakul. Semmi adatunk sincs ugyan a *Gnetinae* osztályról sem, de ezeket a *Bennettitales*sel együtt amúgy is leválasztják a nyitvatermőkről s burkoltmagvúak néven foglalják össze. (Erről még lesz szó.) A Bennettitales rendkívül erősen szárazságtűrő, a Cycas-félékhez roppant hasonló növénytípus, mely a triászban bekövetkező aszályos éghajlat függvényeként jelentkezik, és egészen a kréta végéig él. Alakjait a nevezetesebb Cycas-félékkel együtt fogjuk tárgyalni annak a flórának a taglalása során, amelyet a zárvatermők terjeszkedésükkor itt találtak, és amelyet a velük folytatott küzdelem során kiszorítottak.

A NÖVÉNYI TÖRZSFEJLŐDÉS UTOLSÓ NAGY ÁLLOMÁSA

A zárvatermők származása és szerveződésük előnyei

A földtörténet folyamán kialakult növénytípusok megjelenése és kihalása közt nincs szoros kapcsolat. Vannak igen rövid életű, hatalmas elterjedésű és a növénytakaróban ténylegesen uralkodó típusok, és ugyanakkor vannak szerényen meghúzódók, melyek rendkívül hosszú élettartamra tekinthetnek vissza, sőt egyes esetekben ma is élnek. Ahogyan egy faj elöregszik — elöregedhet egy egész növényosztály vagy más nagy rendszertani egység. Egy másik veszély, amely a nem kellő életerejű növénytípusokat fenyegeti, hogy olyan új típusok fejlődnek ki, amelyek a környezeti viszonyokhoz való tökéletesebb alkalmazkodóképességgel és fajfenntartási módokkal a célszerűtlenebb berendezkedésű növények fölé kerekednek és a növénytakaróból kiszorítják azokat.

Létért való küzdelem ma is folyik, de eredményeit, mozgását ma is csak hosszabb megfigyelés során lehet felismerni, és csakis az egy területen levő növényfajok egyedei közti arány megváltozásában. A létért folyó küzdelem nem véres harc, és mégis nemzetségek, sőt egész növénytípusok kihalására vezet. A természet azonban az ilyen küzdelemben nem veszít, mert a letűnőt mindig olyan felülkerekedő irtja ki, amely a növényi életteret jobban kihasználja, s ott magasabbrendű és intenzívebb növényi életet honosít meg.

Földünk növényzetének történetében egyik küzdelem sem mutaja olyan tökéletesen az itt vázolt jellegeket, mint az, amelyben a legutolsó nagy törzsfejlődési lépés csomópontjaként kialakult zárvartermők átvették a vezető szerepet a növénytakaróban.

Amikor a zárvatermők a fiatalabb fenyőtípusokkal úgyszólván egy időben a küzdőtéren kellő számban megjelentek, Földünknek már nagy részét benépesítették a növények. Mégis voltak olyan élőhelyek, amelyeket a jelenleginél csak alacsonyabbrendű növénytakaró borított. Fejlettebb növénytípusok kellettek ahhoz, hogy e helyeken is meghonosítsák a nagyobb intenzitású növényi életet. Az ilyen űröket csakis a zárvatermők tölthették ki.

A törzsfejlődésnek egyik legfontosabb és eddig kellőképpen meg nem közelített problémája a *zárt magház* kialakulása. Ezzel kapcsolatos az időnek és a helynek a kérdése, amikor és ahol a zárvatermők kialakultak. A korszerű — noha nem általános — felfogás az, hogy a zárvartermők monofiletikus eredetűek, azaz egyetlen ősalakból fejlődtek ki. Ezzel kapcsolatosan kézenfekvő az a nézet is, hogy Földünk egyetlen helyén és egyetlen alkalommal alakultak ki. A monofiletikus keletkezést főként az támasztja alá, hogy annyi új tulajdonságot, amelyekben a zárvatermők az összes többi növénytől különböznek, a növények több fejlődési soron, egymástól függetle-

nül nem szerezhettek meg, illetve azok megszerzése igen valószínűtlennek látszik. Ezek a tulajdonságok: maga a zárt magház, amely annyira egyöntetű, hogy az egyes magháztípusok bármennyire különbözzenek is, lényeges tulajdonságaik közösek és egyetlen más növényen sem figyelhetők meg. Az első és legfontosabb megkülönböztető bélyeg tehát a zárt magház (1). A második a kettős megtermékenyülés (2), az ti., hogy a petesejten kívül az embriózsák vegetatív sejtje is egyesül az egyik megtermékenyítő sejtmaggal. A porzók és portokok alkotása (3) is közös az összes zárvatermőn és más, mint az összes többi növényen. Van azután számos további tulajdonság, amelyek ugyan nem jellemzők az összes zárvatermőre, azonban nagyon jellemzők azok kezdeti alakjaira. A színes virágtakaró (4), a hímnős virág (5), és ezzel kapcsolatban a rovarbeporzás (6). Nem jellemző a kezdeti zárvatermőkre a valódi edény (7) a másodlagos fában, de a típus kialakulását követően nagyon hamar megjelent és általánossá vált.

Most vegyük sorra ezeket a tulajdonságokat, vajon milyen útmutatást találunk arra nézve, hogy melyek lehettek a zárvatermők elődei.

A hímnős virágot a leginkább elfogadott elmélet (euanthium-elmélet) sporofillum füzérből származtatja, ahol egy tengelyen mindkét ivarlevél helyetfoglal. Ilyenek voltak a pikkely- és pecsétfákon, azonban ott a sporofillumok sorrendje más, mert a megasporofillumok (amelyek megfelelnek a zárvatermők termőleveleinek) vannak alul, és a mikrosporofillumok (porzólevelek) felül a csúcson. A zárvatermőknek megfelelő sorrendet (ti., hogy a porzólevelek vannak alul és a termőlevelek felül) láthatjuk például a *Bennettitales* rend *Cycadeoidea* nevű növényén. Itt azonban a zárvatermők egy másik tulajdonsága, a zárt magház nem mutatkozik meg még csak kezdetleges állapotban sem, inkább annak ellenkezője. A zárt magházat ugyanis a termőlevél meddő része alkotja. Ezzel szemben a *Bennettitales* termőlevele egészen felhasználódik a magkezdemény kialakítására.

A kétivarú zárvatermő virág kialakulására felállított másik elmélet (pseudanthium-elmélet) a virágot virágzatból vezeti le. Ebben az esetben leginkább a fenyőket tekintik a zárvatermők őseinek, kezdeti zárvatermőkként pedig az egyivarú, csupasz, virágzatban fejlődő virágú zárvatermőket, főként a barkásokat. Rendkívül valószínűtlen levezetés, amit semmivel sem tudunk alátámasztani.

Virágtakaró és ezzel kapcsolatban rovarbeporzás nyomát kihalt típusokon nem látunk illetve nem tudunk megfigyelni. Nincs azonban kizárva, hogy a hatalmas, erősen elágazó porzólevelű *Bennettitales* alakjai rovarbeporzásúak voltak, és hogy a porzók csalogatták oda a rovarokat. A ma élő nem zárvatermők közt is találunk egyrészt a hímnős virágra, másrészt a rovarbeporzásra való hajlamot, mégpedig a burkoltmagvúak *(Chlamydospermopsida)* közt, pl. a csikófarkon *(Ephedra)*, amelyen az egyébként egyivarú virágban gyakran fordul elő a másik ivar csökevénye. Miután — mint erre már céloztunk — a korszerű törzsfejlődési elgondolások a zárvatermőket közeli kapcsolatba hozzák a *Bennettitales*szel, megerősítve látjuk azt a feltevést, hogy ez utóbbiak is rovarbeporzásúak voltak. A burkoltmagvúak mégsem jöhetnek számításba mint a zárvatermők közvetlen elődei, noha a ma élő alakok másodlagos fájában már vannak valódi edények. Itt általában a magkezdemény integumentuma (burka) alakul a mag védelmezőjévé, és nem a termőlevél lemezes része. Mindazonáltal a *Bennettitales* szerveződésében erősen megközelítve látjuk a zárvatermőkét.

A zárt magházzal kapcsolatos a bibefelület is. Erre fontos rámutatnunk, mert ismerünk újabban felfedezett magasabbrendű magvaspáfrányokat, amelyek magkezdeményeit a termőlevél visszahajló része teljesen körülvette. 1925-ben fedezték fel a *Caytoniales*t, amelyeket akkor ősi zárvatermőknek is tekintettek. Mégis, rajtuk bibefelület nem alakult ki, a pollenszemek bejutottak a magház belsejébe közvetle-

nül a nucellusra. Mindez azonban arra enged következtetni, hogy a bibefelület is csak fokozatosan fejlődött ki.

A kettős megtermékenyüléshez vezető út teljesen ismeretlen. A ma élő nem zárvatermő növények közt nem ismerünk olyant, amely ebben az irányban mutatna fejlődést, a kihalt növények maradványai pedig nem alkalmasak ilyen kérdések tisztázására.

A *Bennettitales* porzólevele rendkívül elágazó képlet, a zárvatermőké pedig erősen leegyszerűsödött porzó, mely nagy általánosságban egy szálszerű tartóból és két portokból áll. Ehhez erősen hasonlít a *Caytonia* porzóslevele, noha az még mindig elágazó képlet. Megállapíthatjuk tehát, hogy a zárvatermők porzóalkotását a többi magvas növények közül a magvaspáfrányok közelítik meg a legjobban.

Ezek szerint két kihalt növénytípus, a *Bennettitales* és a magvaspáfrányok állhattak legközelebb ahhoz az ismeretlen növénytípushoz, amelyből a zárvatermők leszármaztak. E kettő közül a *Bennettitales* rend kevésbé jöhet számításba, mert mint láttuk, a termőlevél törzsfejlődése más úton haladt. Ezenkívül megjelenésük sem igen előzi meg a zárvatermőkét. A magvaspáfrányok roppant változatos sora azonban magában foglalhatott ma még nem ismert, a zárvatermőkhöz még közelebbálló alakokat. Ezzel az is nyilvánvaló, hogy az összes zárvatermő levele a páfránylevél leszármazottja és így nagy levélnek tekintendő.

A zárvatermők kialakulásának idejére vonatkozóan annyi kézzelfogható adatunk van, hogy Skandinávia alsó jurakori rétegeiből már ismeretesek az *Eucommia* pollenszemei. Az *Eucommia* kétlaki és szélbeporzású fanem. Felfogásunk (amelyet később még részletesen kifejtünk) az, hogy a hímnős rovarbeporzású, tehát virágtakarós virág a zárvatermők elsődleges virága. Ebből fejlődött ki a szélbeporzású csupasz, váltivarú virág. A zárvatermők kialakulása jóval korábbra tehető.

A zárt magház olyan berendezkedés, amely a kialakuló mag zsenge szöveteit védi a káros külső behatások, így elsősorban a kiszáradás ellen. A valódi edény mint tökéletesebb vízszállító berendezés a növény vízellátását kedvezőtlenebb viszonyok közt is biztosítja. Így kézenfekvő az a feltevés, hogy a zárvatermők kialakulása olyan időben történt, amikor az éghajlat aszályosra fordult, pl. a felső permben vagy az alsó triászban. Miután származásuk monofiletikus, kezdetben csak kevés példányban és szűk területen éltek, de a típus hamarosan kezdett felaprózódni. Könnyen elképzelhető, hogy a földrétegekben ebből a szakaszból nem maradtak nyomok.

Annak megítélésére, hogy a legelső zárvatermők trópusi, szubtrópusi vagy mérsékelt éghajlaton alakultak-e ki, nincs megfelelő támaszpontunk. Mint fiatal és életerős törzs jobban tudtak alkalmazkodni és könnyen fejlesztettek ki olyan alakokat, amelyek különböző éghajlaton életképesek. Miután minden jel arra mutat, hogy a trópusi és mérsékelt övi alakok úgyszólván egy időben jelentkeznek, a kifejlődési központnak olyan területen kellett lennie, ahol a különböző éghajlatú termőhelyek könnyen elérhetők voltak. Tehát elsősorban hegyvidék jöhet számításba. *Axelrod*nak az a felfogása, hogy a zárvatermők kialakulása a perm végén vagy a triászban, trópusi hegyvidéken történt. Azok a rétegek, amelyek a legelső zárvatermők maradványait megőrizték volna, a száraz időben végbement letarolódásnak estek áldozatul, s ezért nem találjuk meg ezeket a nyomokat. Ha elfogadjuk ezt a felfogást, hozzá kell még tennünk, hogy ennek a hegyvidéknek úgy kellett feküdnie, hogy a mai mérsékelt övi elemek ősei a nagyobb magasságokból könnyen eljussanak a mérsékelt égövbe. *Takhtadzsán*nak az a nézete, hogy az északi mérsékelt öv növényzetének a bölcsője Délkelet-Ázsia hegyvidékén ringott. Így a kezdeti zárvatermő kifejlődési központot is ezen a területen kereshetjük.

Említettük már, hogy a zárvatermők elsokasodásának idejére esik azoknak a fe-

nyőknek a nagyobbmérvű elterjedése, amelyek hegyvidékeink, a szubarktikus tájak, valamint trópusi-szubtrópusi száraz vidékek fenyveseit vagy cserjéseit alkotják. Ezekben főként a *Pinaceae* és *Cupressaceae* családok szerepelnek. A többi fenyő kerüli a nagy elpárolgású és kemény telű éghajlatot. Különösen áll ez azokra a fenyőkre, amelyek magja fedetlenül, nem tobozban fejlődik ki. Ilyenek a *Taxus*- és *Podocarpus*-félék. Ezek teljesen hiányoznak a legnagyobb párolgású és legnagyobb telű területekről. A kemény pikkelyű toboz is olyanféle — elsősorban szárazság elleni — védekezés, mint a zárt magház. A tobozosok is aszályosra forduló éghajlat alatt alakultak ki. Sorsuk egyébként is sokban megfelel a a zárvatermőkének, és a nekik megfelelő éghajlat alatt ők is éppúgy uralkodók voltak, sőt ma is mérhetetlen kiterjedésű erdőket alkotnak. Egyre azonban — úgy látszik — nem voltak képesek: nem fejlődtek fűnemű alakjaik, s a gyepszintet teljesen átengedték a zárvatermőknek.

A korábbi életerős növénytípusok térhódítása megjelenésük után olyan területeken folyt, amelyek addig a megfelelő nagyságrendű növények alkotta növénytakarót nélkülözték vagy növénytelenek voltak. Így terjeszkedésük lehetőségeit csak az élettelen környezet, az éghajlat és a talaj szabályozták. Adataink vannak arra, hogy a földtörténeti negyedidőszakban a jég legutolsó előretörése után a lucfenyő a jégtakaró visszavonulásával a növényzetétől korábban megfosztott és akkor szabadon hagyott területeken hihetetlen sebességgel terjedt észak felé. Sokkal nehezebb volt azonban az útja nyugat felé, ahol többé-kevésbé zárt növénytakaróban kellett lépésről lépésre megvetnie lábát. A régi hatalmas növénytípusok tehát könnyebb feladattal álltak szemben, mint az olyanok, amelyeknek hasonló nagyságrendű növények alkotta társulásokba kellett betelepedniük és ott uralkodóvá válniuk. Ez volt a zárvatermők sorsa a kialakulásuk után. Igaz, hogy voltak ekkor is olyan területek, amelyek nem voltak zárt növénytakaróval borítva, ahol tehát a zárvatermők könnyebben terjedhettek. De ezeken a területeken vagy a talaj, vagy még inkább az éghajlat mostoha volt, és a zárvatermőknek először megfelelő viszonyokhoz kellett alkalmazkodniuk, hogy azokat a területeket is benépesítsék. Mindehhez idő kellett.

A törzsfejlődés valamely nagy átalakulását nyomon követik a kisebbek, a nagy típus felaprózódása. A zárvatermők létrejöttük után nagyon hamar kezdtek olyan fejlődési sorokra szakadni, amelyeket a növényrendszertan osztályoknak, sorozatoknak, illetve családoknak nevez. Végül kialakultak az egyes nemzetségek is. Mindezek a különböző kategóriák nemcsak felépítésükben és szerveződésükben, hanem a környezet iránt támasztott igényeikben is különböztek, s így különböző termőhelyeken találták meg létfeltételeiket. Ez a roppant változékonyság — amely egyúttal a környezeti viszonyokhoz való simulékonysággal jár együtt, karöltve azokkal az előnyös tulajdonságokkal, amelyek a zárvatermőket a többi növény fölé emelik — tette lehetővé a zárvatermők uralomrajutását az adott élő és élettelen környezetben.

A zárvatermők történetében több időszakot különíthetünk el. Az első egy *kialakulási időszak*, amely — mint említettük — a felső permre vagy az alsó triászra esett. A második egy *lappangási időszak*, amely alatt még nem jelentkeznek olyan számban, hogy a maradványok közt megtalálhatók legyenek. Ez a felső triászon és a jurán keresztül tartott. A harmadik egy *felaprózódási és terjeszkedési időszak*, mégpedig az alsó krétában, amikor a nemzetségek legnagyobb része kialakult és a zárvatermők egyes típusai Földünk egész felületén elterjedtek. Végül a negyedik egy *uralomra jutási időszak* (a felső krétában), amikor Földünk nagy területeinek növénytakarójában ezek vették át a vezető szerepet. Hogy ezeket a mozzanatokat tisztán lássuk, meg kell ismerkednünk e szakaszok növényzetével. Meg kell állapítanunk a régi típusok sorsát, az újabbak fellépését és szerepét, végül ezek lehanyatlását, illetve háttérbe szorulását a zárvatermőkkel szemben.

Földünk növénytakarója a zárvatermők kialakulásának idején

A permre következő triászban folytatódott az aszályos éghajlat, és Földünk nagy területeit gyér növényzet, sok helyen úgyszólván sivatag borította. A növényzet főképpen vizek partjaira szorult. A vizek viszont a nagy elpárolgás következtében sósak voltak s így sok sótűrő növény alakult ki. A fák magassága és a törzsek vastagsága általában csökkent, noha helyenként hatalmas termetű fenyők maradványait találták.

A pikkelyfák nem élték meg a triászt, sőt semminemű utóduk nem maradt. A pecsétfák triászkori utódának a *Pleuromeia* tekinthető. Kis, egy-két méter magas, egyszerű törzsű fácska volt, törzsének csúcsán levélüstökkel. Termőfüzére a törzs csúcsán a lomb felett alakult ki. Száraz éghajlat alatt, sósvizek partján élt mint sótűrő növény.

A *Sphenopsida* típusból az éklevelűek ugyan itt-ott még előfordulnak, de hamarosan tökéletesen eltűnnek. Az őszsurlók alacsonyabb termetű és egyszerűbb felépítésű utódaiként az *Equisetites*-fajok éltek. Ezek is mintegy 10 m magasra nőttek, de törzsük kevésbé vastag, a másodlagos megvastagodás csekély mértékű, és a sporofillum füzér is egyszerűbb alkotású volt. Az *Equisetites* mint mocsárlakó növény — nádasszerű növénytársulást alkotott.

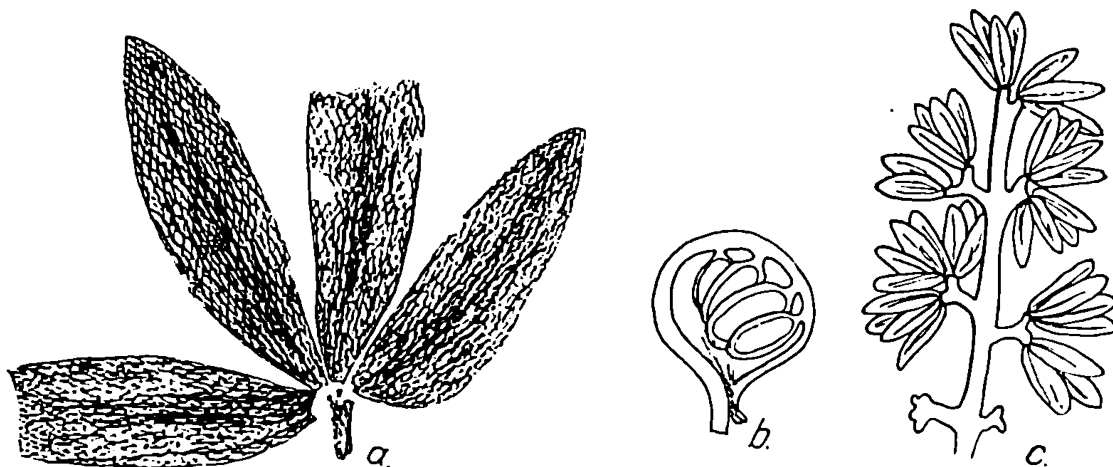
A permokarbon páfrányfák már nem éltek. A ma fajokban leggazdagabb páfrány család, a *Polypodiaceae* még alárendelt család volt, de a *Matoniaceae* és a *Dipteridaceae*, amelyek jelenleg a trópusokon vannak elterjedve, akkor már nagy szerepet játszottak. E tekintetben nagyfokú a hasonlatosság a jelenlegi helyzettel.

A magvaspáfrányok utolsó és egyúttal legfejlettebb alakjai ekkor kezdenek jelentkezni. Közülük legfontosabbak azok, amelyek a *Caytoniales* rendhez tartoznak. Ezekről mint a zárvatermők esetleges elődeiről már volt szó. A *Caytonia* levelét már régebben ismerték, főképpen az alsó liász kőszenek flórájából, így hazánkban is. Négy levélkéből összetett levele volt, mint a négylevelű lóheréé, és *Sagenopteris* néven került be a tudományba. Sokáig nem tudták, milyen növény levele lehet. A porzós hajtás *Caytonanthus*, a termős *Caytonia* néven ismeretes. Ezek úgyszólván a legutolsó magvaspáfrányok, és a zárvatermők uralomra jutásával egy időben tűnnek el a kréta folyamán. Valószínűleg kisebb cserjékről van szó, amelyek a növénytakarónak csak egyik alsó szintjében játszhattak szerepet. (26. ábra.)

A magvas növények egész sora élt már akkor a magvaspáfrányokon kívül, bár a *Cordaitopsida* közben kihalt. A fenyők közül eleinte csak az ősfenyők *(Voltziales)* voltak életben, de egymás után jelentek meg olyan alakok, amelyeknek vagy csak a tű- ill. pikkelyleveles ága, vagy csak a toboza ismeretes. Ezek már nem mutatják a *Voltziales* jellemvonásait, de a ma élő fenyőcsaládokba sem sorolhatók be. Általában azt mondhatjuk, hogy a triászkori növényeket sokkal kevésbé ismerjük, mint a permokarbon fajait. Sokkal kevesebb is a maradványuk, így pl. hazánkból is csak egy-két egészen bizonytalan leletet tartunk számon.

A ma élő fenyő-családok képviselői csak lassan kezdenek jelentkezni. Miután a családok jellegei közt legfontosabb a tobozalkotás, ez pedig csak igen jó állapotban megmaradt maradványokon figyelhető meg, e kezdeti alakok meghatározása eléggé bizonytalan. Meg kell vallanunk, hogy az ősmaradványok nem adnak elég precíz felvilágosítást a mai fenyők leszármazására és kialakulásuk idejére vonatkozóan. Összehasonlítva a jelenlegi fenyőket az ősi fenyőkkel, leginkább a tobozalkotásban látunk fejlődést. A laza női virágzat egytengelyes tömött tobozzá vált, mert az oldalhajtások egyszerű pikkelyekké satnyulnak és ezek viselik a magkezdeményeket. A

mai fenyők közt a tobozfejlődés több fokozatát figyelhetjük meg. A tobozok egy részén *(Araucariaceae)* csak egyféle tobozpikkely van — az, amely az egyetlen magkezdeményt viseli. A másik esetben a tobozpikkelyen egy belső pikkely csökevényét látjuk, amely vánkosszerű, és ezen vannak nagyobb számban a magkezdemények *(Cupressaceae)*. A harmadik tobozféleség *(Taxodiaceae)* pikkelyei kétfélék: termő- és fedőpikkelyek, de ezek utóbb egymással összenőnek, s az érett tobozon egyetlen pikkelyféleség marad. A negyedik a *Pinaceae* toboza, amelyen következetesen termő- és



26. ábra. a = Sagenopteris, b = Caytonia, c = Caytonanthus (Schimper *és* H. Thomas *után); b és c nagyítva*

fedőpikkelyek vannak, s a termőpikkelyeken, amelyek mindig a fedőpikkelyek hónaljában állnak, két-két mag található. Az ötödik csoportba tartoznak azok a fenyők, amelyeknek tobozuk nincs *(Taxales, Podocarpales)*. Ezenkívül a levélállás mutat fejlődést a *Cupressaceae* családban, ti. ott keresztben átellenes, különben következetesen szórt.

A felsorolt tobozféleségek, illetve az ezekre alapozott rendszertani egységek megjelenése valószínűleg a triászra esik, ha ezt nem is tudjuk biztos maradványokkal alátámasztani.

A szágópálmák *(Cycas-*félék*)* mindkét típusa *(Cycadopsida* és *Bennettitales)* a triász-flórában vezető szerepet játszott. A *Cycadopsida* nemzetségei közt a *Pterophyllum* és *Taeniopteris* voltak gyakoriak. A *Bennettitales* fiatalabb típus, és noha levélalkotása sok esetben a megtévesztésig megegyezik a Cycadinae levelével, virágalkotása erősen eltér, úgyhogy közös származásukra alig gondolhatunk. Mindkettő egymástól különböző két ismeretlen magvaspáfrány leszármazottja lehet. Mindkettő szárazságtűrő típus, de ebben a *Bennettitales* viszi el a pálmát. Egyik alakjuk, amely a triásztól az alsó krétáig élt, a *Cycadeoidea* mutatja a szárazság elleni berendezkedések legérdekesebbjét. A törzs hordó alakú volt. Rajta több levélüstök fejlődött, jeléül annak, hogy eredetileg elágazó volt, de elpárologtatás elleni védekezésképpen az ágak megrövidültek és egybeolvadtak. Ugyancsak a törzs viseli a nagy kétivarú virágokat. A virágtengely alsó részét a nagy, erősen elágazó porzólevelek foglalták el, amelyek csillag alakú elhelyezésükkel valóban a virág látszatát keltik. A virágtengely csúcsán foglaltak helyet a termőlevelek, szorosan egymás mellett, köztük meddő pikkelyekkel. Az egész törzset a lehulló levelek visszamaradt alapja borította, ami még inkább csökkentette az elpárolgást. A levelek szárnyasak voltak, kemény állományból, szintén szárazságtűrő berendezkedéssel. (27. ábra.)

A *Cycadeoidea* mellett több más ilyen növényt is leírtak, bár egyszerűbb, de megfelelő felépítésűeket és virágalkotásúakat. Ilyenek a szárnyas levelű és egyivarú virágú *Williamsonia*, az egyszerű levelű és kétivarú virágú *Williamsoniella*. A külön talált levelek (és ez a szokásos eset) hovatartozása nehezen dönthető el. Sok levélmaradvány egyformán tartozhatik a Cycas- és a Bennettites-félékhez. Újabban epidermisz-vizsgálatokkal igyekeznek ezt eldönteni, mert kitűnt, hogy a két osztálynak erősen eltérő epidermisz szerkezete van. Eszerint a *Nilssonia-* és *Taeniopteris*-levelek, amelyek a mecseki liász-rétegekben olyan gyakoriak, a Cycas-félékhez tartoznak. Miután azonban igen sok levél hovatartozása nem állapítható meg, nem áll előttünk tisztán a két osztály szerepe a növénytakaróban külön-külön, s így kénytelenek vagyunk őket együtt szerepeltetni.

Nagy, de egyöntetű és valószínűleg ökológiája szerint sem nagyon eltérő csoportot alkottak a Ginkgo-félék. Nem voltak szárazságtűrők, és e tekintetben elkülönülnek a szárazságtűrő triászkori típusoktól. Hogy mégis keverednek egyes Cycas-félékkel és fenyőkkel, az inkább arra mutat, hogy ez utóbbiak közt sok volt a kevésbé szárazságkedvelő faj. A Ginkgo-félék az északi sarkvidéken a triászban és az alsó jurában élték fénykorukat. Úgyszólván csak leveleik alapján ismerjük akkori történetüket. E tekintetben roppant konzervatívak, igen kis változékonyságúak voltak. Ez egyrészt könnyűvé teszi a hozzájuk való tartozóság megállapítását, másrészt viszont arra mutat, hogy noha nagyon elterjedtek, a törzsfejlődés szempontjából nem jelentettek újat. Konzervativizmusuk eredménye azonban az, hogy egy fajuk ma is él. A középkorban levelük három, de egymáshoz közel álló típust mutat: alig szeldelt kis leveleket *(Ginkgo parvifolia)*, erősen szeldelt középnagyságú leveleket *(Baiera)*, és szálas, osztatlan nagy leveleket, amelyek a Cordaites leveleire emlékeztettek alakjukkal és párhuzamos erezetükkel (az Északi-sarkvidék flórájában).

A triász-flórát különböző szerveződései alakok széles skálája jellemzi. Ez arra mutat, hogy bármennyire elöntötte akkor Földünket az aszályhullám, mindig voltak kedvezőbb nedvességű területek. Ilyen volt a triász végefelé az Északi-sarkvidék. Itt valószínűleg a másutt kétségtelenül forró éghajlat helyett mérsékelt övit képzelhetünk el. Erre mutat a Ginkgo-félék tömege. A kisebb szélességekben sivatagi, félsivatagi viszonyok uralkodhattak, amelyek a növényzetet a vizek közelébe szorították. Itt a mocsári élőhelyeket az *Equisetites* nádasszerű társulásai foglalták el, a sós vízpartokon a *Pleuromeia* állt itt is, ott is. A víztől távolabb ritkás, szavannaszerű fás növénytakaró alakult ki bizarr külsejű szágópálma félékből (mindkét típus), egyes magvaspáfrányokból és fenyőkből. Hasonló bizarr arculatú meleg égövi gyér fás növényzettel ma is sok



27. ábra. Cycadeoidea *rekonstruált képe, erősen kisebbítve* (Hirmer *után)*

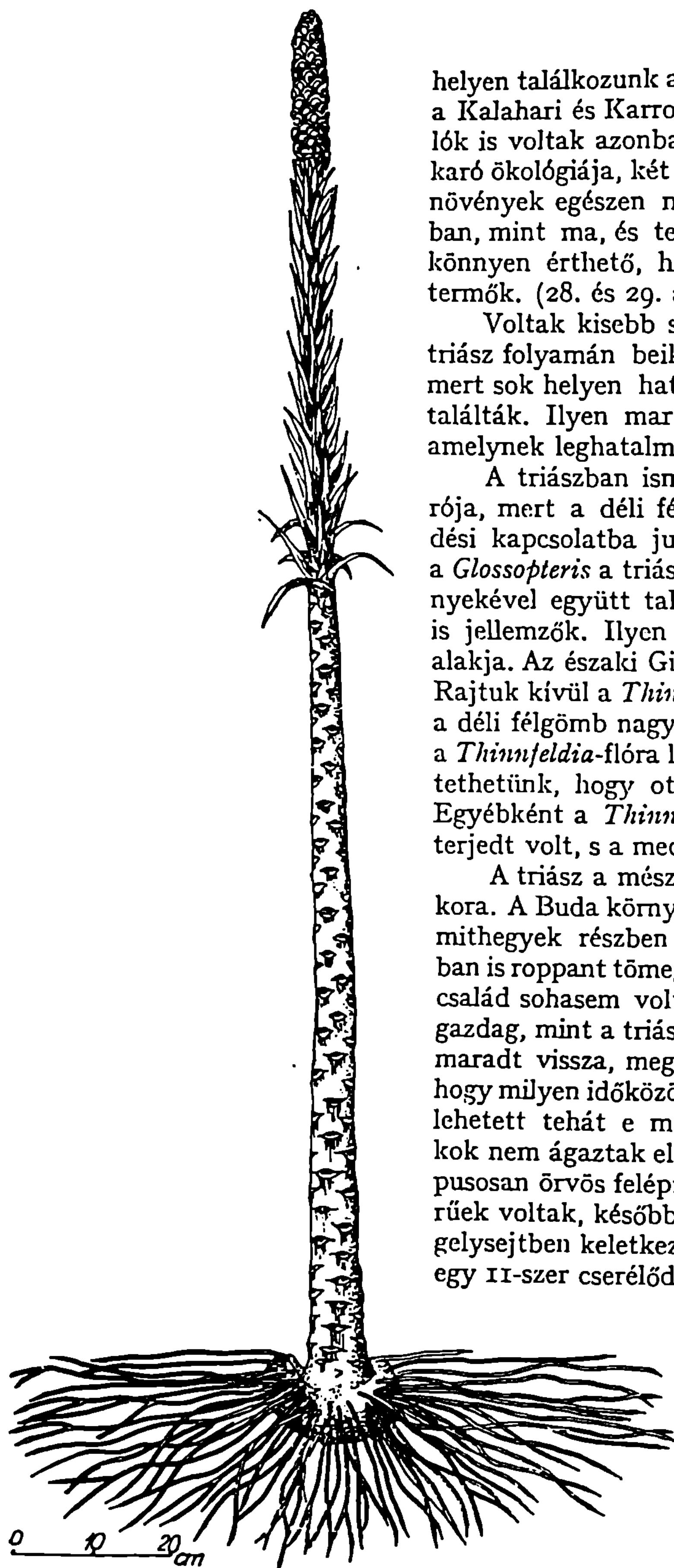
helyen találkozunk a száraz trópusokon. Ilyen Szokotra szigete, a Kalahari és Karroo félsivatagi növényzete. Bármilyen hasonlók is voltak azonban a környezeti adottságok és a növénytakaró ökológiája, két alapvető különbség megmutatkozott. A fás növények egészen más növénytípusokból kerültek ki a triászban, mint ma, és teljesen hiányoztak a fűnemű növények. Ez könnyen érthető, hiszen akkor még csak lappangtak a zárvatermők. (28. és 29. ábra.)

Voltak kisebb szélességeken is kedvezőbb helyek, illetve a triász folyamán beiktatódtak kedvezőbb éghajlatú szakaszok, mert sok helyen hatalmas termetű fenyőtörzsek maradványait találták. Ilyen maradvány együttes az arizonai kövült erdő, amelynek leghatalmasabb törzsei araukaroid szerkezetűek.

A triászban ismét egyöntetűvé vált Földünk növénytakarója, mert a déli félgömb *Glossopteris*-flórája ismét kicserélődési kapcsolatba jutott az északi félgömb flórájával. Indiában a *Glossopteris* a triász elején még élt; maradványait olyan növényekével együtt találták, amelyek az északi félgömb triászára is jellemzők. Ilyen a *Schizoneura*, a *Sphenopsida* típus egyik alakja. Az északi Ginkgo-félék lejutottak egészen Ausztráliáig. Rajtuk kívül a *Thinnfeldia* nevű magvaspáfrány legjellemzőbb, a déli félgömb nagy területeire. Itt a *Glossopteris*-flóra helyébe a *Thinnfeldia*-flóra lép. Miután az páfránylevelű, arra következtethetünk, hogy ott a száraz, hűvös viszonyok mérséklődtek. Egyébként a *Thinnfeldia* az északi félgömbön is nagyon elterjedt volt, s a mecseki liász rétegekből is ismeretes.

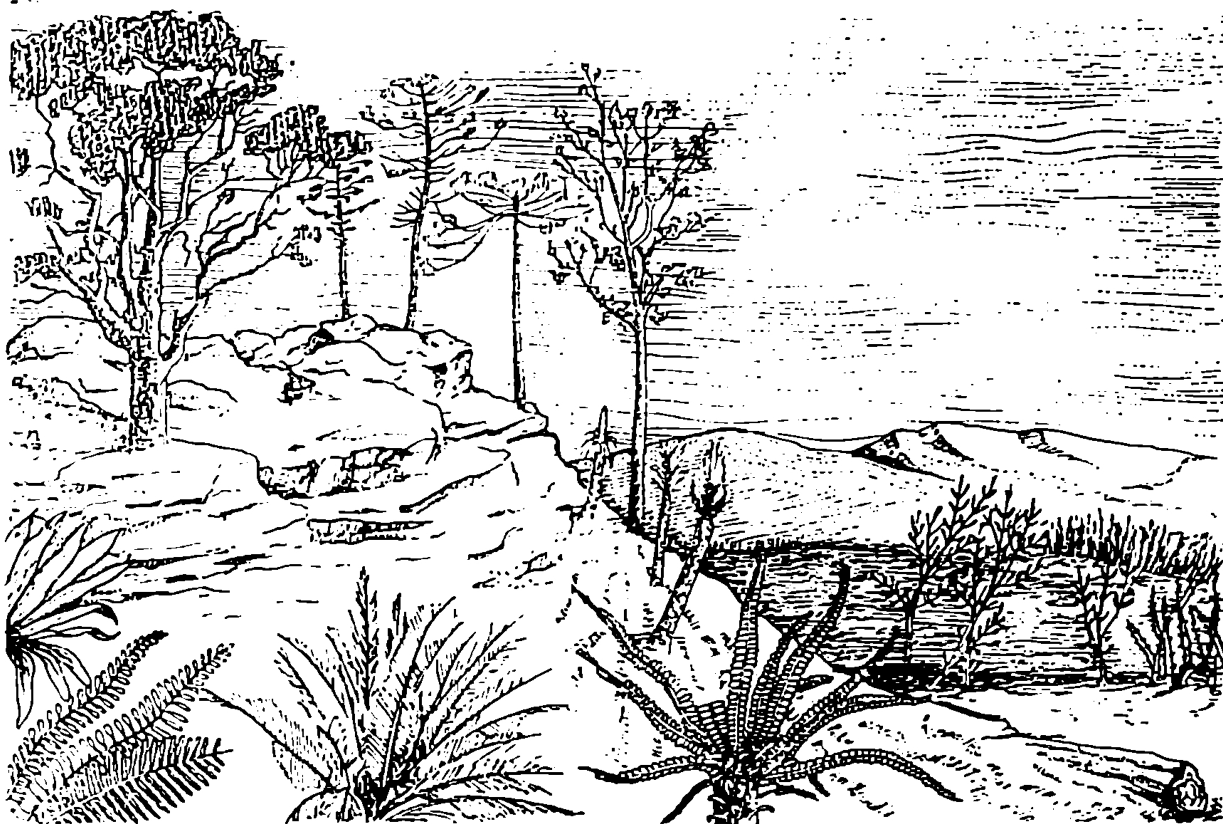
A triász a mészalgák családjának *(Dasycladaceae)* is fénykora. A Buda környéki, és dunántúli triászkori mész- és dolomithegyek részben ezek vázából épültek fel, de más országokban is roppant tömegű ilyen rétegek ismeretesek. A *Dasycladaceae* család sohasem volt sem nemzetségekben, sem fajokban olyan gazdag, mint a triászban. Miután rengeteg jó állapotú mészváz maradt vissza, megállapíthatók a törzsfejlődési irányok és az is, hogy milyen időközökben zajlott le típus-változás, milyen hosszú lehetett tehát e moszatok egy-egy „fajöltője". A kezdeti alakok nem ágaztak el pontosan örvösen, a későbbiek azonban típusosan örvös felépítésűek voltak. Eleinte az oldalágak egyszerűek voltak, később elágaztak; eleinte a szaporítósejtek a tengelysejtben keletkeztek, később azonban az oldalágakon. Mintegy 11-szer cserélődtek ki a fajok a triász folyamán. (30. ábra.)

A triász felső szakasza, a rhät már sokkal kevésvbé volt aszályos, és flórája sokkal dúsabb volt. Miután az flórája szerint összevonható a jura alsó szakaszával, a liásszal, így ezt a két időt együtt tárgyaljuk, mégpedig elsősorban hazai viszonyok alapján.



28. ábra. Pleuromeia *rekonstruált képe, erősen kisebbítve* (Hirmer *után)*

A Mecsek-hegység több helyén (Vasas, Komló) hatalmas liász-kőszénrétegek képződtek. A meddőkben igen sok kitűnő állapotú maradvány van, amelyek közül a következőket kell kiemelnünk. A *Lycopsida* nem hagyott vissza maradványt. A *Sphenopsida* egyetlen nemzetsége az Equisetites. A *Pteropsida* főként spóráspáfrányokban volt gazdag típus a pécsi liászban. Rengeteg maradvány van néhány fajból, amelyek a *Matoniaceae* és a *Dipteridaceae* családokba és így a valódi páfrányok közé tartoznak, noha az *Osmundaceae* is képviselve volt. Nagyon gyakori a páfrányok első családjá-



29. ábra. Triászi táj (Seward *után*)

hoz tartozó *Phlebopteris (Laccopteris) muensteri*. A *Dipteridaceae* közül nevezetes a *Thaumatopteris* és a *Clathropteris*; az utóbbi igen nagy lemezes levelű. A magvaspáfrányokat a *Thinnfeldia* és a *Sagenopteris* képviselték. A Cyas-félék *Taeniopteris tenuinervis* fajának levele egyszerű volt, a *Nilssonia acuminataé* szárnyas. A Ginkgo-félék jól ismert *Baiera* nemzetsége gyakori, a fenyőfélék azonban nem hagytak vissza kellőképpen értékelhető maradványokat. A *Cheirolepis* nevű nemzetség hovatartozása bizonytalan, a többi maradvány pedig silány ahhoz, hogy pontosabban meg lehessen határozni.

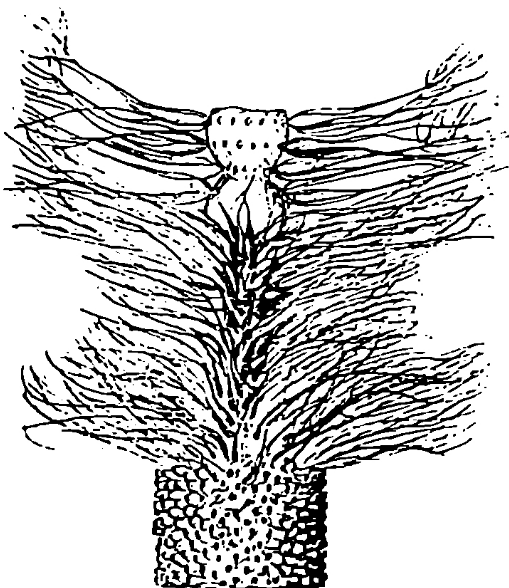
A maradványok zöme kétségtelenül spóráspáfrányoktól származik. Tömegben utána a Cycas-félék következnek. Ebből az a helyzet domborodik ki, hogy a *Pteropsida*-típusból megint a páfrányok kerültek uralomra. A magvaspáfrányok, amelyek közben egész flórákra jellemzők voltak, uralmukat már elvesztették. A trópusi vonás bizonyítékaként igen nagy számban vannak üstökösfák.

A kőszénképződésről feltétlenül buja növényzetre kell következtetnünk. A kar-

bonkori kőszenekkel szemben azonban — amelyek hatalmas törzsű nemzetségek szerves anyagából képződtek — itt a tömeg inkább aránylag vékony és nem magas törzsű növények lombozatából állt. Sajnos, az nem olvasható ki kellőképpen a maradvány-együttesből, hogy milyen volt az erdő szinteződése. A páfrányok nagy száma, a magvaspáfrányok, a *Baiera*, a fenyők, de főleg a Cycas-félék arra mutatnak, hogy itt nem mocsárerdőről, hanem szárazabb talajon nőtt erdőről van szó. Kimondottan mocsárlakó típus csak az *Equisetites* volt.

Rövid, de beható pillantást vetve a pécsi liász-erdő összetételére abból a szempontból, hogy miként viszonylik ez az összetétel a mai erdők összetételéhez, nagy közeledést figyelhetünk meg annak ellenére, hogy a zárvatermők még teljesen hiányoznak. A páfrányok alkotják a legváltozatosabb növényosztályt. Leszámítva a zárvatermőket, fajszámban ma is a páfrányok osztálya a leggazdagabb az edénynyalábos növények közt. Az üstökösfák ma is jelentős szerepet játszanak a trópusi színezetű flórákban, hiszen trópusi tájat el sem képzelhetünk pálma nélkül. Végül a lombkorona-szint (valószínű, hogy a liász-flórában a Ginkgo-félék és a fenyők voltak a legmagasabb fák) két lombtípusból állt: valódi lombosfákból (említettük már, hogy ökológiailag ilyeneknek kell tekintenünk a Ginkgo-féléket) és tűlevelűekből. Ha végigtekintünk Földünk egész felületének lombkorona szintjén, könnyen megállapíthatjuk ennek a két lombtípusnak az abszolút fölényét. Alacsonyabb hőmérsékletű tájakon, pl. az északi-sarkvidéken a jurában a Ginkgo-típusú lombosfák határozott uralma tűnik ki. Arra, hogy akkor ott nemcsak alacsonyabb hőmérséklet uralkodott, hanem a vegetációban évről évre beállt egy nyugalmi időszak is, bizonyítékul szolgálnak az onnan származó fatörzsek évgyűrűi. Ilyen gyűrűket hazai viszonylatban csak az alsó krétából és attól kezdve ismerünk, bár az alsó krétában még nem mindegyik törzsön van meg az évgyűrű.

A jura a triásszal szemben nedvesebb és valószínűleg valamivel hűvösebb volt. A növénytakaró ennek megfelelően bujább lett, a forró, száraz éghajlat nyomai tünedeznek. A növénytakaró anélkül, hogy a mai típusok megjelennének, nagy lépésekkel közeledik a mai növénytakaró összetételéhez.



30. ábra. Diplopora phanerospora *a triász egyik leggyakoribb mészalgája; nagyítva* (Pia *után)*

A zárvatermők kialakulásának idejéből ismerünk mocsári társulásokat, erdőket, valamint ritkás fás növényi együtteseket, de nem ismerünk olyanokat, amelyek szárazabb talajon csak fűnemű növényekből állnak. Ezt nem nehéz megindokolni. A jura fűnemű növényei a spóráspáfrányok voltak. Ennek a növénytípusnak mai hideg- és szárazsági határai alig nyúlnak túl a fa- és cserjefajok éghajlati határain. Visszakövetkeztetve a jurára valószínű, hogy az akkori páfrányok sem voltak olyanok, amelyek mostoha, hideg, vagy száraz körülmények közt életképesek lettek volna ott is, ahol az akkori nagyobb termetű fák vagy legalábbis a cserjék, tehát ahol fás növények ne találták volna meg életfeltételeiket. Olyan juranövényeket, amelyek ezeken a határokon túl szárazabb, illetve hidegebb éghajlat alá terjedhettek volna, nem ismerünk. Ma a fás növények tenyészeti határán túl az edényes növények közül kizárólag zárvatermőket ta-

lálunk. A virágtalan edényes növények messze elmaradnak, a nyitvatermőknek pedig nem is fejlődtek ki fűnemű alakjaik.

A fa tenyészeti határán túl a hideg és száraz éghajlatú területekre (különösen az utóbbiakra) még messze benyúlnak a cserjék, azaz kisebb termetű fás növények. Ilyen cserjék eredetileg a magvaspáfrányok közül kerültek ki. Ez tette lehetővé a Gondvana föld benépesülését. Ma ezek nem léteznek. Három típusból ismerünk cserjéket, amelyek ma az ilyen területre átterjednek: fenyőket, csikófark-féléket *(Ephedra, Welwitschia)*, és főként zárvatermőket. Olyan fenyőcsaládokat, amelyeknek ilyen hideg-, illetve szárazságtűrő cserjéi alakultak ki *(Pinaceae, Cupressaceae)* — a jurából kellő bizonyossággal még nem ismerünk, éppígy nem ismeretesek a *Gnetinae* és a zárvatermők sem. A jurabeli magvaspáfrányok *(Thinnfeldia, Sagenopteris)* nem mutatkoznak különösebben hideg, sem szárazságtűrőknek. Így fel kell tételeznünk, hogyha a jura folyamán voltak olyan száraz illetve hideg éghajlatú területek, amelyek a fa tenyészeti határán messze túl feküdtek, akkor ezeken cserjések sem alakulhattak ki. Itt tehát csak egészen alacsonyrendű növénytársulásokat (zuzmók, mohok) tételezhetünk fel.

A jurából már kétségtelen zárvatermő nyomokat ismerünk, tehát jelen voltak, csak még nem jutottak terjedésük során olyan pozícióra, hogy maradványaikat nagyobb mennyiségben észlelhetnénk. A zárvatermők történetének lappangó szakasza ekkor már a végéhez közeledett, s az elmondottak alapján könnyen eláraszthatták az éghajlati okokból a jurában még csak alacsonyabbrendű növényzettel borított területeket. Meg kellett azonban küzdeniök honfoglalásuk érdekében a jura-erdővel. A zárvatermők legelső kézzelfogható maradványai az *Eucommia*, a *Magnolia* és a tündérrózsák pollenjai. A tündérrózsák vízi életmódúak, az *Eucommia* és *Magnolia* pedig nem olyan zárvatermők, amelyek a jura-fák tenyészeti határán túl életképesek lehettek volna. Így a zárvatermők nyilvánvalóan úgy kezdték meg uralmukat, hogy a meglevő magasabbrendű növénytársulásokba nyomultak bele, s először ezeknek az élőhelyén kezdtek szilárdan megtelepedni, majd ezek határterületén alakultak ki olyan típusaik, amelyek elfoglalhatták az eddig hasonló nagyságrendű növényekkel nem borított területeket.

A zárvatermők sorsa kialakulásuk után

A zárvatermők kialakulása után a növényvilág törzsfejlődésében további hasonló nagy változás nem volt. Igaz, hogy ismerünk ma élő növényeket, ezek közt elsősorban a már említett csoportot, amelynek magvédelme az integumentum fejlettségében csúcsosodik ki (burkoltmagvúak, *Chlamydospermopsida*), s amelyek a Föld rétegeiben csak egészen fiatal korokból hagytak vissza biztos maradványokat. Az ősnövénytan nem ismer negatív bizonyítékokat; a maradványok hiánya tehát nem bizonyítja azt, hogy ezek újabb származásúak. Meggyőződésünk, hogy a burkoltmagvúak egyidősek a zárvatermőkkel vagy esetleg meg is előzték őket. Kialakulásuk mindenesetre szintén jelentős törzsfejlődési lépés volt, de miután ezek soha és sehol nem vergődtek nagy fontosságra a növénytakaróban, így kifejlődésüket nem mérhetjük össze a zárvatermők kialakulásával.

Felfogásunk szerint a zárvatermők monofiletikusak. Kialakult egy első, legősibb zárvatermő típus. Miután ez rendkívül életerős volt, s a létért folyó küzdelemben jól megállta a helyét, biztosra kell vennünk, hogy kialakulásának termőhelyén ránézve optimális környezeti viszonyok uralkodtak. Az újonnan keletkezett növénytípusok,

különösen azok, amelyek a törzsfejlődés nagy lépéseként jöttek létre, mindig sokkal tágabb ökológiájúak, mint az elöregedettek. Aránylag különböző éghajlati és egyéb adottságok közt életképesek, de mégsem képzelhető el, hogy részükre bármiféle éghajlat megfelelő lett volna, sőt az sem valószínű, hogy kialakulási helyük viszonyaitól eltérő viszonyok közt is optimumban és a többi ott élő növénnyel versenyképesek lettek volna.

A múltból előkerült maradványok és a zárvatermők mai roppant nagy elterjedése és változatos alakjai arra engednek következtetni, hogy a típus kialakulásával nem állt meg fejlődésük, csak kisebb lépésekkel folyt és rengeteg új alakot hozott létre. A zárvatermők továbbfejlődése, annak irányai, az összefüggések — a fejlődéstörténet és a növényrendszertan legbonyolultabb és leginkább vitatott problémái. Mindezek részletes tárgyalása nem fér bele könyvünk keretébe, és nem is lehet célunk olvasóinkat ezeknek a problémáknak az útvesztőjébe vezetni. Meg kell elégednünk néhány fejlődéstörténeti törvényszerűség megemlítésével.

A zárvatermők összességének áttekintése arra vall, hogy vannak egymáshoz közel álló és egymástól nagy szakadékkal elválasztott fajok. Az előbbieket, mint ez az egész növényországban történik, nemzetségekben foglaljuk össze. Ezek a nemzetségek azonban egészen különböző mértékben válnak el egymástól. Így pl. elkülöníthettünk családokat és magasabb egységeket. Ha most az ezek közti hézagokat vizsgáljuk, akkor megállapíthatjuk, hogy egyesek közt az átmenet fokozatos, máshol azonban igen nagy különbségek mutatkoznak, amelyeket sem a ma élő, sem a múltból ismert típusok nem hidalnak át.

Ha figyelembe vesszük pl. a juharfa (*Acer*) nemzetséget, illetve a juharfa-félék családját, akkor e közt a család közt és az összes többi család közt mélyreható eltéréseket látunk. A juharfa levelei keresztben átellenesek, legtöbbször karéjosak vagy osztottak, részben vagy egészen tenyeres erezetűek, termései sajátságos ikerlependékek, virágalkotása is sajátságos és a többi virágoktól eltérő. Ezzel szemben a juharfajok egymástól csak egészen csekély bélyegekkel különböznek. Ha tehát nem is figyelhető meg olyan további nagy fejlődés, mint amely a zárvatermőket létrehozta, — a típus felaprózódása kétféle nagyságrendben történt. Voltak nagy ugrásszerű változások, amelyeket *megaevolúció* (vagy az ősállattani kutatók *typostrophismusa*) néven ismerünk és voltak egészen kis változások, amelyeket *mikroevolúció*nak nevezünk. Ehhez jön még az utódok szokásos változékonysága.

A növény-kategóriák közt megnyilvánuló nagy szakadékot kétféleképpen értelmezhetjük. Vagy nagy ugrásszerű változással, vagy pedig azzal, hogy a fejlődés fokozatos volt ugyan, de a köztes alakok kihaltak. Korábban az olyan növény-csoportokat, amelyek közt nagy hézagok voltak — régieknek tekintették, míg a fokozatos átmenetekkel egymással összekapcsolt kategóriákat fiatal keletkezésűeknek tartották. Ez vitte rá *Englert* arra, hogy az egyszikűeket, amelyeknek sorozatai közt nagy szakadékok tátonganak, a zárvatermők kiinduló osztályának tekintse és belőlük vezesse le a kétszikűeket. Azóta ez a felfogás megváltozott, s az egyszikűek közt levő nagy hézagokat megaevolúció eredményének tekintik. Az egyszikűek tehát fiatalabb osztályt képviselnek, mint a kétszikűek. A megaevolúció annál nagyobb lépésekkel viszi előre a törzsfejlődést, minél fiatalabb a fejlődő növénytípus, tehát lépései a fejlődési sorok hosszával egyenesen arányosak.

Az egyes „láncszemek" kihalásának gondolatát azonban az elszigetelt típusok megítéléséből nem szabad kihagynunk. Ismerünk több olyan nemzetséget, családot, sőt magasabb rendszertani egységet is, amelyeket ma egyetlen faj képvisel, a múltban azonban sokkal változatosabb volt. Erre legszebb példa a *Ginkgo*, amely egy hatalmas és nagymúltú növényosztály utolsó képviselője.

A megaevolúció feltételezésével könnyebben elképzelhetjük a zárvatermők aránylag igen gyors és szerteágazó törzsfejlődését. Sokkal több időt vett volna igénybe, ha a fejlődés csupán mikroevolúcióval folyt volna. Ez utóbbi főképpen a fajok kialakulásában nyilvánult meg.

És most lássunk néhány törzsfejlődési mozzanatot, amely a zárvatermők létrejöttében döntő szerepet játszott (a tényleges fejlődés vázolására később visszatérünk). Többször említettük, hogy a zárvatermők egyik kiugró, előnyös tulajdonsága a nyitvatermőkkel szemben, hogy fűnemű alakjaik is vannak. Természetesen elsősorban be kell bizonyítanunk, hogy a kezdeti zárvatermők valóban fásszárú növények voltak. Nos bizonyítékaink a következők.

1. Kifejtettük már, hogy a zárvatermők történetét valamely magvaspáfrányból, mindenesetre ősibb magvasnövényből, tehát a nyitvatermőkből kell levezetnünk. A nyitvatermők következetesen fás növények, és ilyenek voltak a múltban is. 2. A legősibb zárvatermő virágalkotást fákon észleljük (*Magnolia, Degeneria*). 3. A tökéletes vízszállító szerv, a trachea kétségtelenül olyan növényben alakult ki, amelyre ez határozott előnyt jelent, tehát nagy termetű növényen, azaz fán. A ma élő zárvatermőkön azt tapasztaljuk, hogy az összes fűnemű növény valódi edényekkel rendelkezik; a fák közt van néhány faj, amelyben még csak tracheidák vannak. Tehát a zárvatermők közt a trachea nélkülieket kell a legősibbeknek tekintenünk. Ezek pedig fák.

A fűneműek mégis nagyon hamar kialakultak. Erre bizonyíték, hogy ismerünk fűnemű növényeket kezdetleges zárvatermő virágalkotással. Ilyenek pl. a tündérrózsák, amelyek pollenje is a kétszikűek legrégibb nyomai közt szerepel. Ezek a kezdetleges fűnemű zárvatermők — vízi növények. Keletkezésüket a következőképpen képzelhetjük el. Egészen más élőhelyen egy növény-típusnak úgy fejlődhet ki megfelelő új alakja, ha az új élőhely az elődnövény termőhelyének közvetlen közelében van. Az első zárvatermők erdei fák voltak. Erdő közelében pedig olyan élőhelyet, amely a fatenyészetre alkalmatlan, de a fűnemű növény ott megtalálja optimumát — leginkább erdei tóban vagy vízfolyásban képzelhetünk el. Az erdei fa-alak megaevolúcióval, de anélkül, hogy a virágalkotásban változás állna be, utódaiban fűneművé válik.

Ez arra is fényt vet, hogy — amint már kifejtettük — a szaporító szervek a törzsfejlődés folyamán sokkal konzervatívabbaknak bizonyultak, mint a testi szervek. Míg a testi szervek roppant átalakuláson mentek keresztül, addig a virágalkotás a régi maradt. Ennek az a magyarázata, hogy a testi szervek sokkal inkább ki vannak téve a környezet befolyásának. Az *Eucommia* korai kialakulása mégis azt bizonyítja, hogy a virágalkotásban is igen hamar állt be a további fejlődés. Hogy ezt megérthessük, néhány szót kell szólnunk azokról a fokozatokról, amelyek a virág törzsfejlődésének egyes állomásait jelzik.

A primitív zárvatermő virágban a virágtagok, a virágtakaró, a porzók és a termők nagyobb, meg nem határozott számban voltak meg, és a megnyúlt virágtengelyen csavarvonalban elhelyezkedve fejlődtek (spirális virágalkotás). A virágtakaró levelek, a porzók, valamint a termőlevelek is szabadok voltak, nem nőttek össze egymással. A virágban tehát több magház volt, mert a termőlevelek külön-külön saját szélükkel összenőve alkottak egy-egy zárt magházat.

Az egyes virágrészek ezután a következő fejlődésen mentek keresztül. A virágtengely megrövidül, a virágtagok közvetlenül egymáshoz szorulnak. Ez azt hozza magával, hogy a különböző virágtagok ezentúl nem csavarvonalban, hanem örvökben helyezkednek el (ciklikus virágalkotás). Említettük, hogy az örvös levélállás a szórt levélállásból vezethető le. Ezt itt megismétlődve látjuk.

A virágtakaró, amely szórt állásban fokozatos átmenet a csésze és a párta között,

két külön kört kezd alkotni, amelyek vagy egyneműek vagy különneműek. A kezdetben még meg nem határozott szám körönként rögzül. A további fejlődést az egyes körök kiesése jelenti. Először egy kör (rendszerint a párta) csökevényesedik el s a virágtakaró egyszerűvé válik. Mindkét kör eltűnése a csupasz virágot eredményezi.

A porzók eleinte csavarvonalban, később két körben helyezkednek el. Kezdetben meghatározatlan számú porzó van egy körben, majd a szám állandósul. A porzók egyik körének a kiesése továbbfejlődést jelent. Ha mindkét kör eltűnik — egyivarú termős virág keletkezik. Egyben fejlődés az, ha egy körben a porzók száma csökken, illetve a porzók egyenlőtlenekké válnak vagy összenőnek.

A termőlevelek kezdetben csavarvonalban helyezkednek el, később pedig egy körben. A csavarvonalban elhelyezkedő termőlevelek mindig szabadok; ekkor a virágban több magház van. A körben elhelyezkedők idővel egyetlen magházzá nőnek össze. A termő törzsfejlődése azonban más irányban is folyik: eleinte a virágtengely csúcsán áll, később abba félig, vagy egészen besüllyed. Így alakul ki a felsőállású magházból a közép-, illetve az alsóállású magház. Természetesen a termőlevelek száma is csökken a törzsfejlődés során, de sohasem állandósul olyan precízen, mint a porzóké. A termő eltűnésével keletkezik az egyivarú porzós virág.

Miként a termőlevelek, úgy a többi virágtag összenövése is fejlődést jelent, noha ez lényegesen kisebb fontosságú a törzsfejlődés szempontjából. Az összenövések, valamint az itt felsorolt összes fejlődési fokozatok általában polifiletikusak, a törzsfejlődés több vonalán függetlenül alakulnak ki.

A virágtakaró tagjainak összenövése, valamint az a körülmény, hogy a magház besüllyed a virágtengelybe, lényegileg a belső virágrészek, különösen a magházban levő magkezdemények erősebb védelmét szolgálja. Így itt az eredetileg kettős integumentum egyszerűvé válik. Az alkalmazkodásként jelentkező egyszerűsödés tehát progressziót, magasabb fejlettséget jelent.

A virág szimmetriájában is változik a törzsfejlődés során. Kezdetben szabályos, később részarányos a virág, de kifejlődik egyes fejlődési sorokon a szabálytalan virág is.

Mindezek a fokozatok a fejlődés *irreverzibilis* (megfordíthatatlan) *sajátságai*, mert ellenkező irányban való fejlődés nem észlelhető. Adva van tehát olyan támpontunk, amellyel a törzsfejlődés irányát megállapíthatjuk. Másrészről azonban az egyes tagok illetve fejlődési irányok egymástól teljesen függetlenek. Magas fejlettségű virágtakaró nem feltétlenül jár együtt hasonló fejlettségű ivarszervekkel stb.

A virágok kezdetben magánosak, idővel azonban a legkülönbözőbb csoportosulás fejlődik ki. Ez munkamegosztást jelent, tehát fejlődést. Más fejlődési sorokon a virágtakaró elsatnyul; ilyenkor a rovarmegporzást a szélbeporzás váltja fel. A szélbeporzás a zárvatermők között magasabb fejlettséget jelent, noha a zárvatermők elődei, tehát a nyitvatermők is szélmegporzásúak voltak. A zárvatermők rovarbeporzása a megtermékenyítést biztosabb alapra helyezte, hiszen a repülő rovar következetesen ugyanannak a fajnak egyik virágáról a másikra száll. Egyúttal elősegíti az előnyös kereszteződést különböző egyedek virágai közt, sőt virágpor-megtakarítást is jelent. A szélmegporzású növények általában több pollent termelnek. A szélporzásra való áttérésnek társulástani okai vannak; a nagy társulóképességű és nagy tömegben együttélő növények (barkások, pázsitfélék) között fejlődik ki.

A felsorolt jellegek kialakulása csak parányi részét teszi ki annak a roppant változatos és szerteágazó törzsfejlődésnek, amit a zárvatermőkön megfigyelhetünk. Amilyen nagy skálája van a szaporítószervek törzsfejlődésének, ugyanúgy a testi (vegetatív) szervek — különösen a szár, de a levél is — sokoldalú változékonyságot mutatnak a zárvatermők soraiban, olyan változékonyságot, amelyhez foghatót egyetlen más növénycsoportban sem észlelünk. Ha összevetjük a zárvatermők fajszámát a többi csoportéval, akkor kitűnik, hogy a többit együttvéve is felülmúlja. Különösen áll ez a többi magvasnövényre, mert azoknak a mai flórában együttvéve sincs több fajuk 1000-nél, szemben a *200 000-re tehető zárvatermő fajjal.* A magasabbrendű növények közt csak a páfrányok mintegy 16 000 faja mérhető a zárvatermőkhöz. Itt azonban meg kell gondolnunk, hogy a páfrány mint alacsonyabb szerveződésű növény, kevesebb szerven mutatja ezt a változékonyságot, s

így mondhatjuk, hogy ennek figyelembevételével számuk eléggé arányban áll a zárvatermőkével. Ha most összehasonlítjuk a különböző kategóriákat az életformák és az élőhelyek szempontjából, rögtön kiderül, hogy ilyen tekintetben minden más típus messze elmarad a zárvatermők mögött. Beszélhetünk tehát egy roppant nagy *vegetatív szervi és ökológiai törzsfejlődésről* is. A zárvatermők vegetatív szervei a legmesszebbmenő átalakulásra képesek; eredeti funkciójuk helyett egészen más funkciók elvégzésére is módosulnak.

Mindez hozzájárult ahhoz, hogy a zárvatermők ne csak helyettesíteni tudják az általuk kiszorított régebbi típusokat, hanem olyan élőhelyeket is benépesítsenek, amelyek a többi növény számára hozzáférhetetlenek voltak. Részletekbe nem bocsátkozhatunk, bármennyire érdekfeszítő mozzanatok kínálkoznának is, így csak arra hívjuk fel olvasóink figyelmét, hogy a növény minden törzsfejlődési lépéssel hosszabb utat tett meg történetében és jobban alkalmazkodott egy adott élőhely viszonyaihoz, még abban az esetben is, ha a fejlődési irány az elődökhöz képest satnyulás, egyszerűsödés.

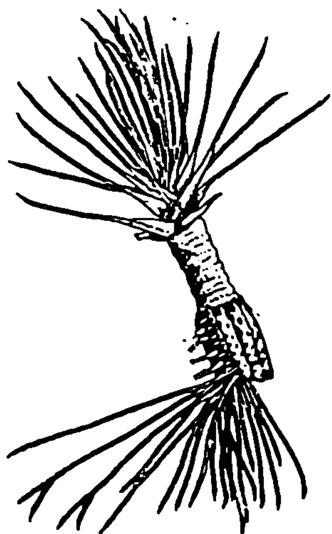
A zárvatermők bevonulása a régi típusú növények közé az alsó krétában

Az a probléma, amelyet ez a cím felvet, igen homályos mozzanat a zárvatermők térfoglalásának problémakörében. Az alsó krétakori flórák csak igen kevés helyről, egymástól messzefekvő területekről ismeretesek, köztük ismeretlen korkülönbségek vannak, s ez megnehezíti azt, hogy a zárvatermőket lépésről lépésre követhessük hódító útjukon. Annyi kétségtelen, hogy az alsó kréta nem minden flórájában jelentkeznek, és még sehol sem játszanak vezető szerepet.

Olyan alsó kréta flórákat, amelyek részben már zárvatermők maradványait is tartalmazzák, elsősorban Észak-Amerika Maryland államából, Portugáliából, Észak- és Északkelet-Ázsiából ismerünk, ezenkívül kétszikű fák törzseit Angliából és Madagaszkárból. Ez a legutolsó adat azért nevezetes, mert egyébként a déli félgömb alsókrétájából eddig nem kerültek elő a zárvatermők maradványai. Érdekes, hogy az észak-amerikai és északkelet-ázsiai alsó kréta növények közt egyszikűek is vannak. Sajnos, a maradványok nem egészen meggyőzően mutatják e jellegeket. A Grönlandból az alsó krétakoriaknak leírt zárvatermő maradványok kora kétséges. A kétségtelenül alsó krétakori maradványokat részben sikerült ma is élő nemzetségekkel kapcsolatba hozni, más részüket azonban ma ismeretlen, kihaltnak tekintett nemekbe sorolták be. Ez teszi éppen nagymértékben bizonytalanná azt a képet, amelyet a zárvatermőknek az alsó krétában való térfoglalásáról magunknak alkotni tudunk. Északkelet-Ázsiából főként trópusi nemzetségekkel kapcsolatba hozott fajokat ismertettek *(Pandanophyllum, Aralia, Cissites)*. A többi alsó kréta lelőhelyek nemzetségei részben mérsékelt övi, részben trópusi mai nemzetségekhez tartozónak vélt fajokat mutatnak fel. A grönlandi kétségesen alsó kréta növények (ha valóban alsó krétabeli rétegekől van is szó, akkor is ezek fiatalabbak a többinél) jobban hasonlítanak ma élő, részben trópusi, részben mérsékelt övi nemzetségekhez. Mindez meggyőzhet bennünket arról, hogy ismereteink nem elégségesek a probléma megoldásához.

Nézzük azonban most a nem zárvatermőket és azokat a lelőhelyeket, amelyek zárvatermők maradványait nem tartalmazzák. Alsó krétabeli maradványokat írtak le a Spitzbergákról, Nagy-Britanniából, Svédországból, Belgiumból, Franciaországból, Németországból, Észak-Olaszországból, Közép-Oroszországból, Egyiptomból, Szíriából, Észak- és Kelet-Szibériából, Japánból és Szachalin szigetéről. Vannak ilyen

korbeli adataink hazánkból is, mégpedig a Dunántúl egyes helyeiről. Ezek két fenyőfa-típusra vallanak; az egyik *Araucaria*, a másik *Podocarpus*-szerkezetet mutat, bár e két nemzetségnek a jelenlétét az európai alsó krétában nem tekinthetjük bizonyítottnak. Annyi kétségtelen, hogy hazánkból innen van legfiatalabb araukaroid törzsszerkezetünk és a legrégibb olyan fatörzsünk, mely határozott évgyűrűket mutat.



31. ábra. Nathorstiana *rekonstruált képe, kissé kisebbítve* (Mägdefrau *után)*

Az alsó kréta flóráinak növényanyaga távolról sem olyan gazdag, és maradványai sem határozhatók meg olyan jól, mint akár a karbon, akár a liász flóráinak növényei.

Az alsó kréta egyik legérdekesebb növénytípusa a *Pleuromeia* eltörpült leszármazottja, a *Nathorstiana*, a későbbi durdafüvek *(Isoëtes)* vélt elődje. (31. ábra.) Dünenövénynek tekintik; tengerek partján élt. Ez egyetlen képviselője a *Lycopsida*-típusnak. A zsurlók közül ekkor még mindig csak az *Equisetites* játszott szerepet. Leszármazottja, a mai zsurló *(Equisetum)* csak a felső krétában jelenik meg. A két típus közt — a nagyságbeli különbség mellett (hiszen az *Equisetum* lényegesen kisebb az *Equisetites*nél) —, a szerveződési elválasztó bélyeg az, hogy az *Equisetites* spórái simák, a zsurlók spóráin azonban szárnyszerű függelékek vannak. A *Calamites* és *Equisetites* organizációs megkülönböztetője pedig az, hogy az előbbi sporofillum-örvei között meddőlevél-örvök vannak, amelyek az *Equisetites* sporofillum-füzéréből hiányzanak.

A páfrányok közt az uralkodó fiatal alakok mellett jelentős szerepet játszott az ősibb típusú *Weichselia*. Szára gumószerű volt, erősen osztott levelekkel, amelyek két méteresre is megnőttek.

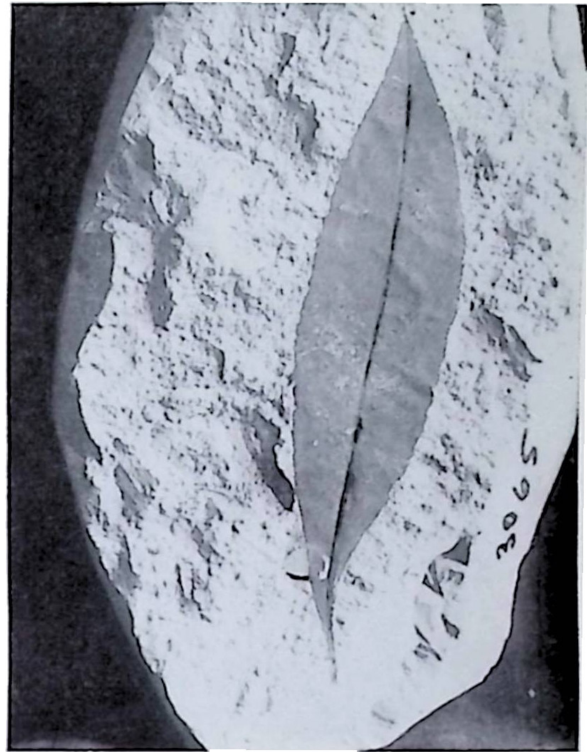
A *Bennettitales* rend élt még, sőt a *Cycadeoidea* a maradványok nagy számából ítélve akkor élte fénykorát. Az ősi Ginkgo-féléket (amilyen a Baiera) már a ma is élő Ginkgo-nemzetség váltotta fel (32. ábra). E fának az alsó krétában még több faja élt és gyakori volt, de a felső krétában egyetlen fajra zsugorodott össze és ez is ritkává vált. Erre kétféle magyarázatunk lehet. A Ginkgo mérsékelt övi fa, amely kialakulása és változékonysága idején még többféle éghajlaton megélt. Később éghajlati igénye állandósult, s a *Ginkgo* nagy területekről eltűnt. A másik elgondolás az, hogy egyéb olyan lombosfa, mint a *Ginkgo*, a zárvatermők megjelenése előtt nem élt. Így a zárvatermőkben veszedelmes ellenfelekre talált a létért folyó küzedelem során. Az alsó krétában a legváltozatosabb képet a fenyők mutatják. Még élnek az átmeneti alakok, amelyek sem az ősi fenyők, sem a ma élők közé nem sorolhatók be, de már nagy számban vegyülnek közéjük a ma élő családok nemzetségei. Bizonyos mértékben kétségesnek látszik ezek besorolása, mert az északi félgömbről több alsó krétabeli fenyőt írtak le, amelyeket olyan családokba, ill. nemzetségekbe sorolnak, amelyek ma kizárólag a déli félgömbön élnek. Ilyenek az *Araucaria* és az *Arthrotaxis*.

Egy pillantást vetve a déli félgömb alsó krétakori növényzetére, kitűnik, hogy ott — eltekintve a zárvatermők hiányától — általában ugyanazokat a növényeket figyelhetjük meg, mint északon. A nagy „vasfüggöny" az északi félgömb és a Gondvana-föld flórája közt már korábban fellebbent. A fenyők közt azonban csak a déli fenyők találhatók, amelyek törzsein évgyűrűket figyeltek meg.

Az egyes lelőhelyekről előkerült növény-együttes olyan növények keverékére vall, melyek egy része mai trópusi, más része mai mérsékelt övi növényekkel van ro-



Ginkgo adiantoides *levelének lenyomata a Heves megyei Balaton község felső-szarmata tufájából*



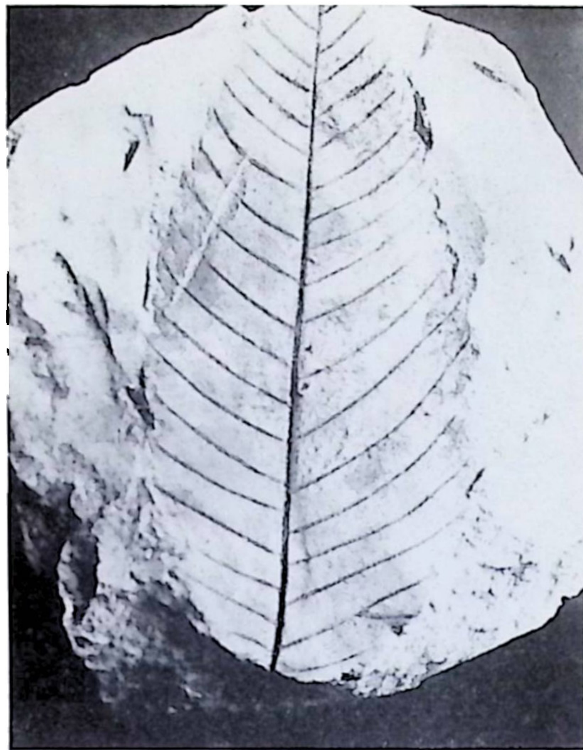
Cunonia oligocaenica, *a fokföldi C. capensis ősének levélkéje az Eger melletti Wind-féle téglagyár agyagbányájából, felső-oligocén korból*



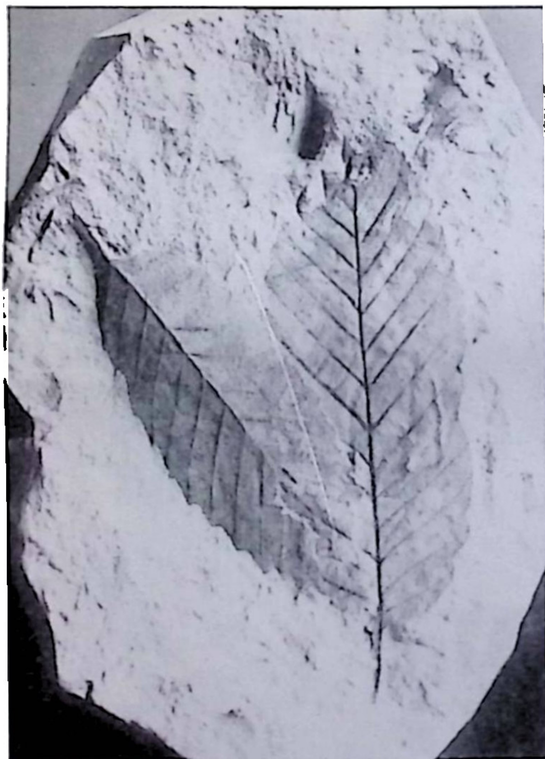
Sequoia langsdorfii *a kaliforniai vörösfa ősének áglenyomata a budaújlaki téglagyár agyagbányájából, alsó oligocén korból*



Abelia *virágcsészéje a budaújlaki agyagbányából, alsó oligocén korból*



Szilfalevél lenyomata az egri Wind-féle téglagyár agyagbányájából, felsőoligocén korból



Gyertyánfa levelek az Eger melletti Wind-féle téglagyár agyagbányájából, felső oligocén korból



*Észak-amerikai rokonságú tölgy (*Quercus gigantum*) levelének lenyomata a Wind-féle téglagyár agyagbányájának alsó rétegeiből, felső oligocén korból*



Hüvelytermés lenyomata a Wind-féle téglagyár agyagbányájának felső rétegeiből, felső oligocén korból



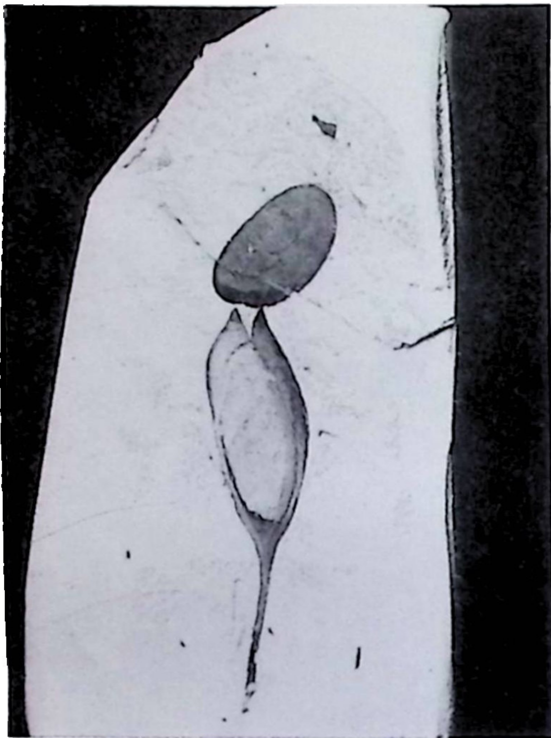
Legyezőpálma levele az egri Wind-féle téglagyár agyagbányájának felső pálmás rétegeiből, felső oligocén korból



Sassafras *levéllenyomata az Eger melletti Kisegedről, alsó oligocén korból*



Glyptostrobus *áglenyomat a mecseki Magyaregregyről, középső miocén korból*



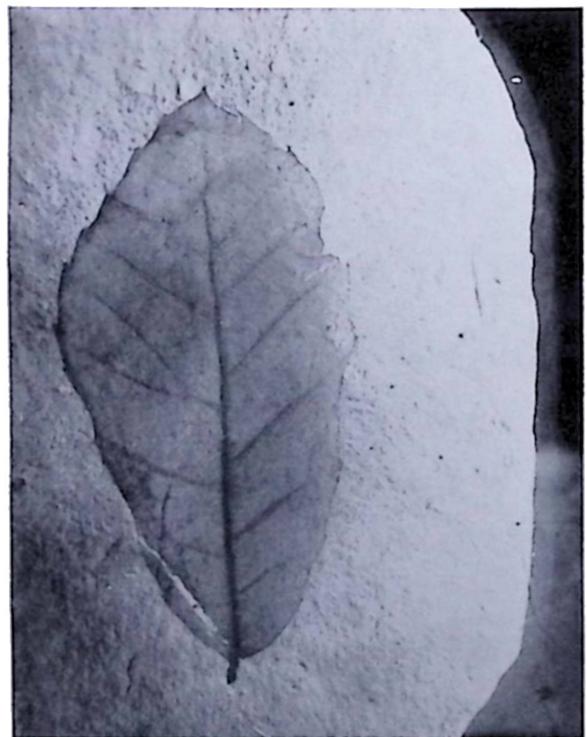
Podogonium knorrii *terméshüvelye éppen kilépő maggal Erdőbényéről, alsó szarmata korból*



Babérféle levelének lenyomata Andornaktályáról Egertől délre, középső miocén korból

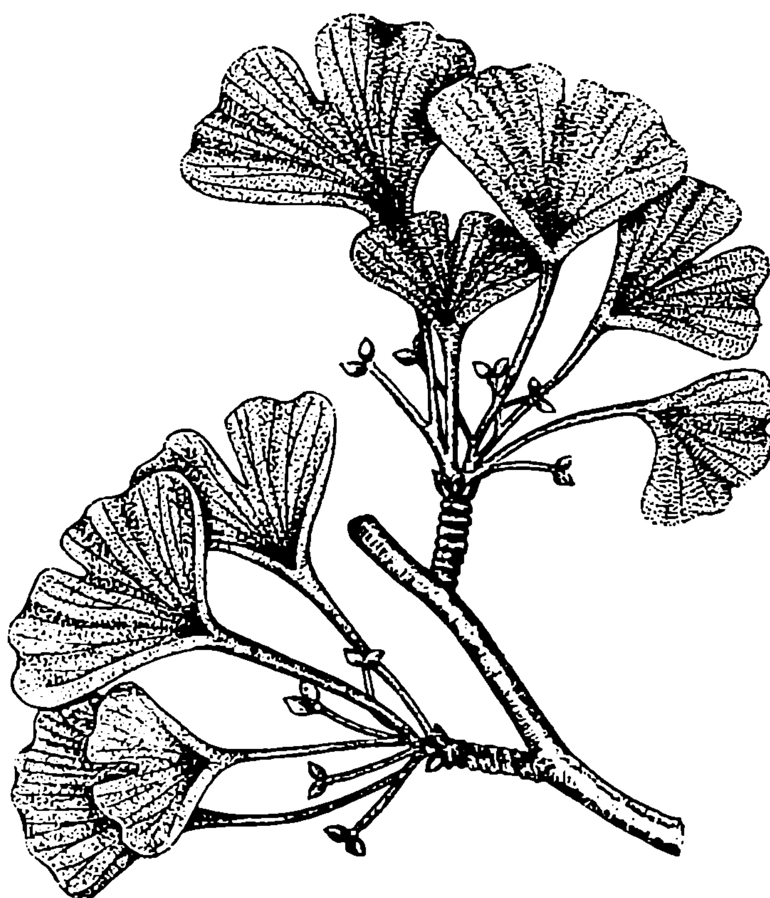


Az észak-amerikai sárgafenyő (Pinus ponderosa) *ősének tufába ágyazott tobozlenyomata Hont mellől, középső miocén korból*



Örökzöld tölgy (Quercus mediterranea) *levéllenyomata Erdőbénye alsós zarmatájából*

konságban, s így nem tudjuk a növénytakaró éghajlati igényét, egyben az akkori éghajlatot megállapítani. Egyes nézetek szerint ez elsősorban a maradványok sok esetben rossz meghatározásának és annak köszönhető, hogy az egyes lelőhelyek kora különböző, és hogy az alsó krétában is megvolt már a különböző éghajlatú flórák szétválása. Annyi kétségtelen, hogy a zárvatermők levelei az alsó krétában lényegesen kisebbek, mint a felső krétában és a harmad időszakban. Ugyanez azonban a páfrányokon nem nyilvánul meg. Így ezt a jelenséget nem magyarázhatjuk éghajlati, hanem csak fejlődéstörténeti okokkal. A zárvatermők lemezes leveleikkel merően elütnek a fenyőktől. A fenyőknek a másodlagos fájában is csak tracheidák vannak, ezzel szemben a zárvatermők a legtökéletesebb szállítóelemekkel, a tracheákkal rendelkeznek. Ez lehetővé tette nem kiegyenlített és nem magas párateltségű éghajlaton azt, hogy asszimiláló elpárologtató felületük lényegesen megnövekedjék. A szállítószövet-rendszer tökéletesedése azonban lassan, lépésről lépésre történt, és ennek megfelelően az asszimiláló felület is csak lassan növekedett, míg végül a felső krétában kiteljesedett.



32. ábra. Gingko biloba *ága*

Az alsó kréta átmeneti időszak, melyben a már kihalt és a ma is élő növénytípusok úgyszólván egyenlő arányban szerepeltek a növénytakaróban. A növénytakaró maga pedig nem mutat olyan határozott jellemvonásokat, hogy belőle az éghajlati viszonyokat biztosan leolvashatnánk. Az akkor élő zárvatermők sem rokonsági szempontból, sem ökológiai igényükkel nem eléggé ékesszólók ahhoz, hogy előző

sorsukra és a növénytakaróban viselt szerepükre nézve a „hozzájuk intézett" kérdésekre érthető választ adjanak. A következőkben ti. mindig felteszünk majd olyan kérdéseket, hogy a növénytakaró honnan ered, tagjai hol és milyen körülmények közt alakultak ki, és hogyan kapcsolódnak a jelenlegi növényekhez, milyen viszonyban vannak a velük együtt élő többi növénnyel, és mi a szerepük a növénytakaró felépítésében. A későbbi flórák erre érthető választ fognak adni, mert tagjaikat, illetve azok rokonságát jól ismerjük, és minden tulajdonságukban határozottan állnak előttünk. Az alsó kréta-típusokról sok esetben még azt sem tudják, hogy fák, cserjék vagy fűneműek voltak-e? Hol keressük ma élő rokonságukat; az együtt élők hogyan verődtek össze? Törzsfejlődés és növényterjedés szempontjából roppant fontos időszak ez, amelynek során a növénytakaró a mozgásban levő viszonyok miatt még csak nagyon halványan ismeretes.

A mai fenyők kialakulása, törzsfejlődésük és földrajzi elhelyezkedésük

A fenyők tű- vagy pikkelyleveleik és csak nagy ritkán lemezes leveleik, örökzöld lombjuk (igen ritkán lombhullatók), általában kúp alakú termetük miatt nagyon egységes kialakulású osztálynak tűnnek. Úgy gondoljuk, hogy élt valamikor egy ősalakjuk, amelyből az összes ma fenyőnek nevezett fa kialakult. Ezt a felfogást azonban nemcsak nem tudjuk bizonyítani, hanem a kutatók közt vannak tagadói is. Különösen áll ez a toboz nélküli fenyőkre, noha ezeknek levelei és törzsszerkezete is nagy vonásokban megegyezik a tobozos fenyőkével. Felfogásunk határozottan az, hogy a fenyők közös származásúak, de az ősi típus már nagyon korán továbbfejlődött és több fejlődési sorra szakadt. Legelőször is leszakadtak a toboz nélküliek; utóbb kialakult a többi sor olyan vonalakon, amelyek jellemzését már megadtuk (78. oldal).

A fenyők tűlevele párolgáscsökkentő berendezés. Miután a hidegtűrés és a szárazságtűrés nagyjából azonos jelenségek, a fenyőtű egyúttal arra is képessé tette a fát, hogy erős telű területekre is átterjedjen. Ugyanilyen szerepe van a pikkelylevélnek, noha a pikkelylevelű fenyők közt kevésbé alakultak ki hidegtűrő, annál inkább szárazságtűrő típusok. Ennek ellenére igen sok fenyőfaj, sőt egész nemzetségek, családok „kerülik" a kemény telű és forró száraz nyarú területeket, s a kiegyenlített éghajlathoz ragaszkodnak. Ez érvényes a trópusi *Podocarpaceae* és a déli félgömbön elterjedt *Araucariaceae* családokba tartozó fenyőkre, valamint a tiszafafélékre *(Taxaceae)* és a mocsárciprusfélékre *(Taxodiaceae)* is. A két fennmaradó családból a *Pinaceae*ben sok eklatánsan hidegtűrő, a *Cupressaceae*ben pedig igen sok szárazságtűrő faj alakult ki.

A zárvatermők lombhullató típusai szintén alkalmazkodni tudtak a kemény télhez, mert hiszen a lomb lehullatásával csökkent a párologtató felület, és ezáltal asszimiláló szerveiket sem károsítja a jég roncsoló hatása. Egy élőhelyen azonban hátrányban vannak a hidegtűrő fenyőkkel szemben: a rövid nyarú, illetve rövid tenyészidejű éghajlat alatt, a nagyobb szélességek magashegységein és a sarkok közelségében. Ilyen helyeken a fenyők messze túlhaladják a zárvatermő fák határait. Ez abból adódik, hogy az örökzöld lomb tavasszal azonnal asszimilál, és nem használja fel tartalék anyagait új lomb fejlesztésére. A rövid nyarú tájak fenyői következetesen a *Pinaceae* családból kerülnek ki.

Melegebb tájak aszályvidékein egyes ciprusfélék vetekednek az ottani zárvatermőkkel az aszálytűrésben. A Szahara egyetlen fenyője a ciprus egyik válfaja,

Ausztrália és a trópusi Afrika száraz vidékein pedig a *Callitris-*, illetve *Widdringtonia-*fajok terjedtek el.

Ezzel körvonalaztuk, hogy a fenyők rendszertani kategóriái, illetve a törzsfejlődési sorok éghajlati igényükkel is jól elkülönülnek egymástól. Ezt *Greguss Pál* vizsgálatai szerint a törzs belső szerkezetének a törzsfejlődése is követi. *Greguss* öt kategóriát különböztet meg: *1.* amely másodlagos bélsugarának sejtjeiben az összes fal vékony és sima; *2.* amelyek bélsugarának vízszintes fala már megvastagodott és gödörkés, de függőleges fala sima; *3.* amelyek bélsugarának összes fala gödörkés; *4.* amelyek bélsugarában haránt-tracheidák vannak; és *5.* amelyek törzsében gyantajáratok vannak. Ezek a fokozatok rendszertanilag, de területileg is, általában az éghajlati szélsőségekkel arányosan, jól elkülönülnek.

Az alsó kréta fenyőit a maradványok alapján még nem tudjuk jól elkülöníteni és rendszertanilag megfelelően elhelyezni. Később ez az elkülönülés egyre tisztábban tűnik ki. A harmad időszakon keresztül pedig már alig látunk változást a nálunk és az északi félgömb magasabb szélességein élő fenyőkön. Fejlődésük tehát hamarosan megállt, új fajok gyéren keletkeztek. Ehelyett azonban a kezdetben nagyon elterjedt fajok területe összehúzódott. Olyan fenyőfajok, sőt nemzetségek, amelyek a harmad időszak folyamán az egész északi mérsékelt övet beborították, ma egészen kis területre szorítkoznak. Így a *Sequoia* nemzetség Kaliforniára, a *Metasequoia* pedig anynyira visszavonult, hogy bár mint maradvány már korábban ismeretes volt, élő állapotban csak a legutolsó években került elő Kína belsejében. Itt legújabban ismét fedeztek fel egy új, eddig csak maradványokból ismert nemzetséget.

Vannak nemzetségek a zárvatermők közt is, amelyek sorsa hasonló: nagy múlt és széles elterjedés után csaknem teljesen eltűntek. Ezeknek azonban még egy tulajdonságuk közös a fenyőkkel, és ez határozottan ráirányítja figyelmünket egy tényre. A fenyőknek ma összesen mintegy 500 faja él: a hozzájuk hasonló zárvatermők családjai illetve nemzetségei mono- vagy oligotipikusak, azaz csak egyetlen vagy igen kevés fajuk él. A változékonyság és a kor között tehát szoros összefüggés van. *A változékonyság fordított arányban áll a növény korával.*

A tű- és pikkelylevelű fenyők általában napfény-növények, hiszen aránylag csekély asszimilációs felületük csak akkor tud kellő mennyiségű szerves anyagot termelni, ha a teljes napfényt kihasználhatja. A fenyők — kevés kivétellel (pl. tiszafa) — az árnyékban életképtelenek. Alakultak ki alacsony termetű, cserje alakú fenyők a fatenyészet határain, mégpedig a hideg- és szárazsági határon egyaránt (mint a törpefenyő, a boróka), de nem az erdők belsejében a lombkorona alatti szint tagjaiként. Ezeken a helyeken a cserjeszintet következetesen zárvatermők alkotják. A cserjeszint mindig későbbi kialakulású, mint a lombkorona-szint, hiszen először meg kellett lenniük azoknak a növény-éghajlati viszonyoknak, amelyek egy erdő lombkoronája alatt, tehát a cserje- és gyepszintben uralkodnak. Itt kedvezőtlenebbek a fényviszonyok, viszont a páratelítettségi hiány, amely sok növényre végzetes hatású, itt gyengébb, mint a lombkorona-szintben. A fenyőkre az erdők belsejében kialakult viszonyok általában kedvezőtlenek lehettek. Viszont a zárvatermők — nagy simulékonyságuk folytán — az ilyen környezetben is tudtak megfelelő alakokat létrehozni.

A fenyők kialakulási központja kevésbé ismeretes, mint a zárvatermőké. Az utóbbiak keletkezési helyéhez közelebb férkőzhetünk olyan vizsgálatokkal, amelyek a terjeszkedés és a fajok átalakulása közti összefüggést keresik. A növény terjeszkedési útján új és mindig újabb tulajdonságokat szerez meg. A kiindulási helytől távolabb minden fejlődési soron egyre ismertebb, fiatalabb arculatú alakokat találunk, míg az ősi tulajdonságokkal rendelkező fajok a kiindulási hely közelében maradnak vissza. (Erre a zárvatermők kialakulási központjának részletesebb ismertetésekor

még bővebben kitérünk.) A fenyők esetében éppen azért, mert ezek törzsfejlődése — különösen az utóbbi időben — igen renyhe volt, és nemigen alakultak ki fiatal fajok, nem tudjuk ezt az egymással egyenes arányban álló két mozzanatot, a terjeszkedést és a törzsfejlődést összekapcsolni. Annyi mégis valószínűnek tűnik, hogy a nagy szélességeken életképes fenyők ezt a tulajdonságukat elég későn szerezték meg, s ezzel az is valószínűvé válik, hogy a fenyők nem a mérsékelt öv hideg, hanem inkább annak meleg határán keletkeztek. A trópusi fenyők azonban törzsfejlődési szempontból annyira eltérnek a szubtrópusiaktól illetve a mérsékelt égöviektől, hogy a különböző éghajlati igényű fenyők közös származását egyetlen trópusi hegyvidéken, ahol hamarosan szétváltak volna éghajlati igényük szerint, nem tarthatjuk valószínűnek. A különböző éghajlati igényű fenyők elkülönülése hosszú történés volt.

A zárvatermők kialakulásának központja, törzsfejlődésük és terjeszkedésük

Míg a fenyőkre nézve nem vagyunk abban a helyzetben, hogy eredeti kialakulási helyük problémáját megoldjuk, vagy akár csak ezt a megoldást megközelítsük is, addig a tulajdonságaikban sokkal gyorsabban változó és ezzel dinamikusabb zárvatermők kialakulási helyére igen valószínű elgondolásunk van.

Egyáltalában nem állja meg a helyét az a felfogás (amit régen annyira hangoztattak), hogy minden kiindulópont az Északi-sarkvidéken, azaz az Arktiszban feküdt. A fenyőkre vonatkozóan azt képzelték, hogy az Arktiszban való nagyon régi kialakulásuk után a Csendes-óceán két partja mentén kezdtek dél felé terjedni. A legősibb típusok — tehát az első hullám — ma a déli félgömbön van elterjedve (főleg *Araucariaceae*). A másik hullám *(Taxodiaceae)* vándorútjában már nem messzire jutott, csak Észak-Amerika és Kelet-Ázsia szubtrópusi övének pacifikus partvidékéig. Végül a kimondottan nordikus (északi) fenyők csupán az északi mérsékelt övet tudták elözönleni. Ezt az elgondolást sem törzsfejlődésileg, sem ősnövénytanilag nem lehet alátámasztani.

A zárvatermőekre vonatkozóan *Engler* elmélete igen sokáig uralkodott. Ő több flórának egymástól korán való továbbfejlődését hirdette. Mindegyiknek külön kifejlődési központot képzelt el. Ezek szerint lenne egy külön ún. arktoterciér flóra, vagyis amely az Északi-sarkvidéken alakult ki, és a harmad időszak folyamán történt lehűléssel kapcsolatban dél felé terjedve elfoglalta az északi félgömb egész trópuson kívüli területét. Ez az ún. holarktikus flórabirodalom. Ez aránylag fiatal flóra volna, amely eredetileg a trópusi flórákról szakadt volna le. Kialakult továbbá (mégpedig korábban) az Újvilágban és az Óvilágban, egymástól nagyrészt független fajfejlődési központból kiindulva egy újvilági trópusi (neotropikus) és egy óvilági trópusi (paleotropikus) flórabirodalom. Ezek mind régi típusokból állnak. Ugyancsak régi típusok leszármazottai a déli földgömb egyes területeinek (Fokföld, Ausztrália és az Antarktikus részek) flórája. Ezek már igen korán szakadtak le a trópusi flórákról, s új fajkeletkezési központban alakult ki mai fajgazdagságuk és egészen sajátos jellegűek. Ezek szerint a déli félgömb növényzete egészen független az északitól és ennek erőszakolt bizonyítására az elmélethez ragaszkodó kutatók a mai napig is tagadják, hogy a harmad időszakban az északi félgömbön déli növénytípusok (*Proteaceae, Eucalyptus* stb.) valaha is éltek volna.

Az újabb felfogás szerint a mérsékelt övi és a trópusi zárvatermő flóra közt nincs korkülönbség. Az északi mérsékelt övön is élnek igen régi típusok. Amióta a virágalkotás ún. euanthium elmélete került a törzsfejlődési elképzelések előterébe (amely szerint a zárvatermő kétivarú virág termőlevelek füzére egy tengelyen és nem virág-

zatból alakult ki), azóta a fejlődéstörténeti növényrendszer kiinduló sorozata — azaz a legősibb zárvatermő növénytípushoz legközelebb álló ma élő növénysorozat — a *Magnoliales* lett. Ennek a virágában azok a kezdetleges jellegek észlelhetők, amelyekről mint primitív bélyegekről már említést tettünk: csavaros virágalkotás, sok és meg nem határozott számú virágtag, szabad *(apokarp)* termő, szórt levélállás, fás termet. Ezek közé a fák közé tartoznak azok is, amelyek másodlagos fájában még nincsenek valódi edények. A *Magnoliales* sorozatba pedig több mérsékelt övi növény is tartozik. Ha azonban az idetartozó családok egyes tagjainak elterjedését tekintjük, akkor a köztük ősibb tulajdonságokkal bíró alakokat leginkább Kelet-Ázsiában találjuk, mégpedig a mérsékelt övieket az ottani mérsékelt övben (*Tetracentron, Cercidiphyllum, Euptelea*, több *Magnolia*; a tulipánfa [*Liriodendron*] is él Kelet-Ázsiában, bár nagyobb elterjedési területe Észak-Amerikában van), a trópusiakat pedig Kelet-Ázsiában és az óceániai szigetvilágban. Ezek közt a legjelentősebb típus a nemrég felfedezett *Degeneria*, amely az összes zárvatermő közt a legprimitívebb jellegű.

A trópusi tagozat kialakulását, terjedését és törzsfejlődését sokkal nehezebb nyomon követni, mint a mérsékelt övi tagozatét. Egy bizonyos, hogy a szélmegporzásra való áttérés, tehát a virágtakaró és sokszor az egyik ivar elvesztése a trópuson sokkal kisebb mérvű volt. Ennek megértése érdekében ki kell térnünk néhány éghajlati momentum magyarázatára.

Az kétségtelen, hogy a zárvatermők kezdettől fogva jobban tudtak alkalmazkodni a szélsőségekhez. Mégis, a szállítószövet-rendszernek és sok egyéb előnynek a fokozatos kialakulása során még igen sok olyan alak keletkezett, amelyek a nagyobb szélsőségek iránt érzékenyek voltak. A keletkezési hely magaslatairól a sarkvidék felé előretörve — a mérsékelt övi zárvatermők egyre nagyobb szélsőségek közé jutottak. Itt tehát csak kisebb számú faj volt életképes, a növénytakaró kevésszámú fanemből épült fel, az egy fajhoz tartozó fák tehát nagyobb egyedszámban éltek egymás mellett. Ez az új fajok keletkezését hátráltatta, de egyúttal eredményessé tette a szélmegporzást, hiszen bármerre fújja a szél a pollent, ugyanannak a fajnak a termősvirágára jut. Kialakult a fanemek nagyobb társulóképessége a fajon belül és előnyössé vált a szélmegporzás.

A trópusi tagozat növényei nem jutottak nagyobb szélsőségek közé; a fajkeletkezés serényen folyt, s az egyik egyedet a sok fanemből álló erdőben más fajok szigetelték el a másiktól. Megmaradt a rovarmegporzás és a rovar odacsalogatására, a megtermékenyítés eredményesebbé tételére a legkülönbözőbb berendezések fejlődtek ki.

A trópusi és mérsékelt övi tagozatban az is nagy eltérés, hogy az utóbbiban az északi trópuson kívüli egész területen a családok és sokszor a nemzetségek is nagy elterjedésűek s az Ó- és Újvilágban egyaránt előfordulnak. Ez arra mutat, hogy kelet-ázsiai kifejlődésük után ezek a mérsékelt övi fajok nagy elterjedést értek el, és nagyon hamar átjutottak nemcsak Eurázsia nyugati felére, hanem Észak-Amerikába is. Olyan nagyobb fajfejlődési központok, ahol egymástól függetlenül új családok is keletkeztek volna az Ó-, illetve az Újvilágban, úgy látszik nem működtek, vagy ha működtek, akkor az ott keletkezett új kategóriák hamarosan megtalálták az utat a többi területre való átjutáshoz.

Ezzel szemben a trópusokon az Ó- és Újvilágban a szétválás erőteljes. Itt mindenesetre fel kell tételeznünk utólagos nagyobb teljesítőképességű törzsfejlődési központokat, amelyek a két területen külön-külön, függetlenül működve új családokat is hoztak létre. Különösen áll ez az egyszikű családokra, amelyek közül a *Zingiberaceae* és a *Pandanaceae* óvilágiak, a *Bromeliaceae* és a *Cannaceae* családok pedig újvilágiak.

A déli félgömb szubtrópusi és mérsékelt övi flórája (ez utóbbi csak egészen kis területeken alakult ki, ha összehasonlítjuk az északi mérsékelt öv flórájával, mert ebben az övben a szárazulatok kiterjedése roppant csekély) eredetileg leszakadt része a trópusi flóráknak. A flórák tehát nem annyira régiek, mint az a sokszor bizarr megjelenésű típusok után elképzelhető volna.

Eszerint a növények nagyvonalú terjeszkedése a zárvatermők kialakulását követően három irányban folyt. Az Északi-sarkvidék körül a mérsékelt övön, az egyenlítő körül a trópusokon, és a trópusoktól dél felé a déli mérsékelt öv irányában. Minden olyan vidéken, ahol a fajkeletkezési feltételek (változatos terep, változatos környezeti viszonyok) megvoltak és hosszú időn keresztül sem nagyobb éghajlatváltozás, sem a területnek a tenger alá való süllyedése azt meg nem szakította, másodlagos fajfejlődési központok alakultak ki és működtek. Ezekben rengeteg faj, sőt nemzetség is keletkezett. Ez különösen a trópusi flórákra jellemző.

Ha most áttérünk a törzsfejlődés tényleges menetének taglalására, akkor azt állapíthatjuk meg, hogy a zárvatermők fejlődési iránya a kialakulás után rövidesen több ágra szakadt. Egyik vonalon megmaradt a fa termet, és a virág is megmaradt hímnősnek, rovarmegporzásúnak, tehát megmaradt a virágtakaró, csak a spirális virágalkotás lett fokozatosan ciklikus, a termőlevelek pedig közös magházzá nőttek össze. Idővel a virág részarányossá vált. A másik vonalon a fa termet megtartása mellett a növény kezdte elveszíteni a különböző virágköröket. Először elvesztette a virágtakarót és áttért a szélmegporzásra. Azután elvesztette az egyik ivarszervet, s a virág egyivarúvá, egy- vagy kétlakivá vált. Arra, hogy ez nagyon hamarosan megtörtént, bizonyíték a kétlaki *Eucommia* megjelenése az alsó jurában.

Egészen más irányú fejlődési soron — a virágalkotás összes primitív sajátságainak a megmaradása mellett — a fából fűnemű növény lett. Így pl. a liliomfafélék mellé kialakultak a tündérrózsák mint kimondott vízinövények, de ezek hamarosan kiléptek a szárazra, és még mindig hasonló virágalkotással kifejlődött a *Ranales*-sorozat.

Igen sok kutató megegyezik abban, hogy a korai vízi életmódú kétszikű állapot volt a közvetlen elődje a kezdetleges egyszikűeknek, amelyeket a békatutajfélék *(Helobiales)* sorozatban szoktak összefoglalni. A két típus, azaz a két- és egyszikű típus közt a fejlődésnek ezen a fokozatán vannak a legkisebb különbségek: a virágtagok száma még nem rögzült, s a szárban az edénynyalábrendszernek — vízi növények lévén — nem volt túlzott fontossága. A megaevolúció, amely az egyszikű típust létrehozta, itt mehetett végbe. A virágalkotás továbbfejlődése az egyszikűek vonalán hasonlóan folyt, mint a kétszikűek közt; mégpedig azoktól függetlenül: a virág ciklikussá vált, a termőlevelek összenőttek, a virágtagok körönként a kétszikűek 5-ös számától eltérően a 3-as számban állandósultak, majd itt is megindult egyes körök kiesése. A virágtakaró elvesztésével a növény itt is áttért a szélmegporzásra (pázsitfüvek, sások stb.), és sok egyivarú virág is keletkezett (sásfélék, gyékényfélék stb.).

A vegetatív szervek egy bizonyos fejlődési vonala jelentősebb volt az egyszikűek, mint a kétszikűek körében. Ez az ún. másodlagos fásodás. Kifejtettük már, hogy a legelső zárvatermők fák voltak. Ezt a jelleget irreverzibilisnek tartjuk, annak ellenére, hogy nem szaporító hanem vegetatív szervről van szó. Az egyszikűek kezdeti alakjai ezzel szemben bizonnyal fűneműek voltak. Hogyan keletkezhettek akkor egyszikű fák, pálmák, sárkányfák *(Dracaena)* stb.?

Ha végigtekintünk a kétszikűek sorain, olyan családokban, amelyek következetesen fűneműek, szintén látunk egy-egy cserjét vagy fát. Ilyenek vannak a *Lobeliák* és a fészkesek közt is, pl. az óriás *Seneciok*. A Földközi-tenger vidékének száraz éghajlata alatt is kialakultak fűnemű nemzetségekben egyes cserjés fajok, így pl. a fásodó szilene *(Silene arborea)*, a fásodó len *(Linum arborescens)* stb. Ezeket csak fűnemű alakokból

tudjuk levezetni, bár az is igaz, hogy ezek sohasem valódi fák, legalábbis nem olyan alkotásúak, mint a kétszikű fák, hanem vagy üstökösfák, vagy csak cserjék. Az ilyen növényeket másodlagosan fássá alakult növényeknek kell tekintenünk. Ez a törzsfejlődési irány is gyorsan kezdett működni, amit a pálmák korai megjelenése is bizonyít. A felső krétából már igen sok helyről ismerünk pálmákat.

A felső kréta növényzete

A zárvatermők uralomrajutása a felső krétában folyt le. Az alsó krétában kialakult csaknem az összes zárvatermő család, sőt a nemzetségek többsége is, egyúttal azonban az előbbi fejezetben vázolt utakon el is jutottak Földünk minden zugába. A típus felaprózódása és terjeszkedése tehát elérte csaknem teljességét, egyelőre azonban még háttérben volt. Most a típus egyedei kezdik kihasználni azokat az előnyöket, amelyekkel a törzsfejlődés felruházta őket és dinamikusan kezdik átformálni a növénytakarót.

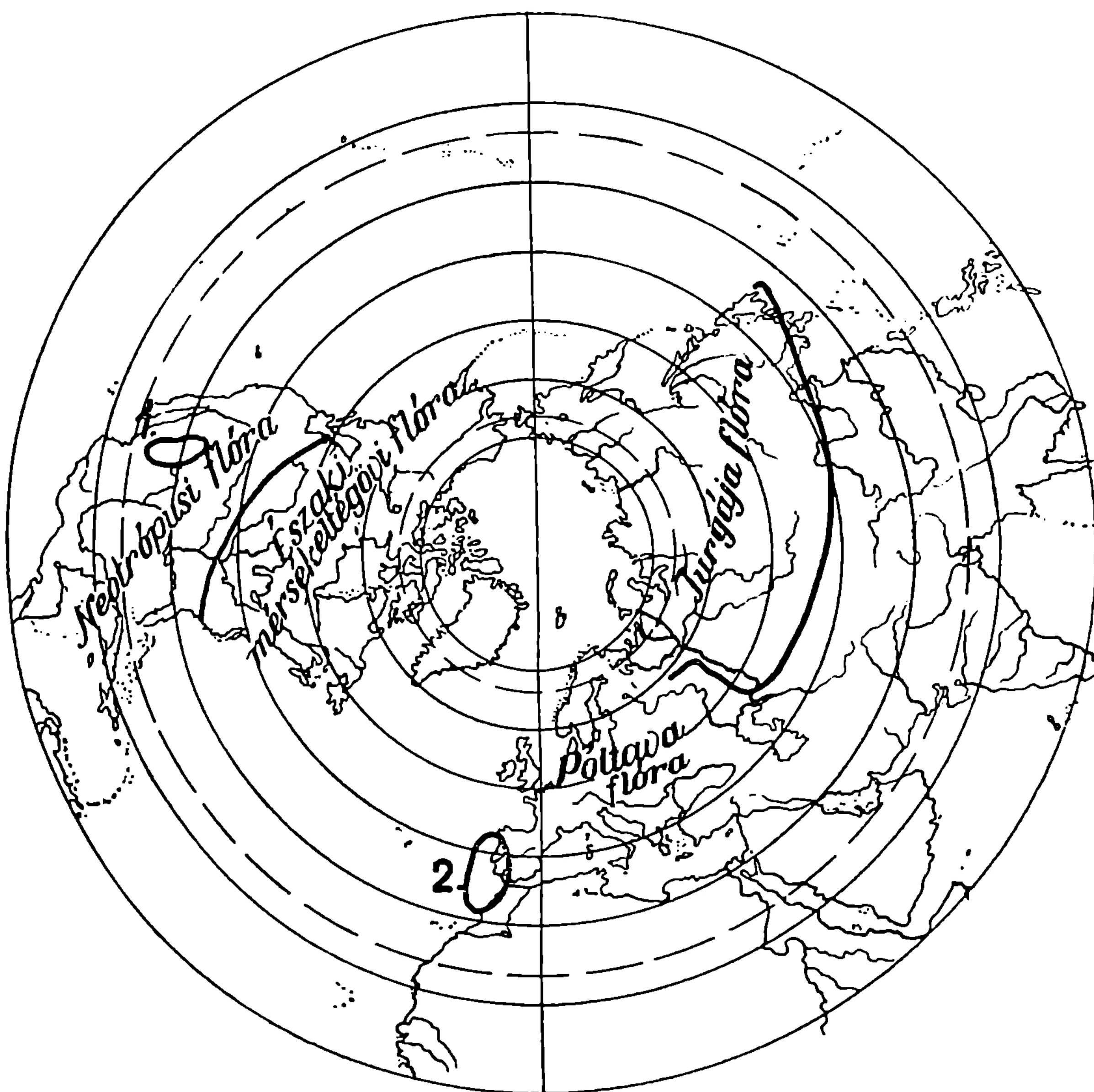
A kréta folyamán eltűnnek az összes olyan régi növénytípusok, amelyek ma nem élnek. Így a kréta után típuskihalás már nem történt. Az alsó krétából még ismeretes Bennettitinae és magvaspáfrányok a felső krétából sehonnan sem hagytak vissza maradványt, így feltételezzük, hogy vagy teljesen kihaltak, vagy annyira visszaszorultak, hogy belőlük már nem jutott a maradványok közé. Sőt néhány bizonytalan fenyőmaradványtól eltekintve nem ismerünk olyan krétakorú növényt, amelynek családja ma nem élne. A megoszlás a zárvatermők és a többi növény közt még nem volt olyan, mint jelenleg, a zárvatermők mégis néhány flórában már a növényfajok 90%-át teszik ki.

A felső krétakor flóráit ismerjük Grönlandból, Észak-Amerikából sok helyről, Európából (pl. Portugáliából, ahol a felső kréta növényes rétegei közvetlenül az alsó kréta rétegei felett vannak), de sok más államból is, azután Kelet-Ázsiából, főképpen Szahalin szigetéről és Japánból. A trópusi területekről kréta-flórát ez ideig nem közöltek, minden valószínűség szerint a csekély kikutatottság következményeképpen. A felső kréta-flórák a déli félgömbön rendkívül ritkák.

Igen nevezetes a Krassó-Szörény megyéből előkerült *Jurányia hemiflabellata* nevű pálma, melyen kívül ugyanazok a felső kréta-rétegek *Pandanus*-maradványokat is tartalmaznak. Erre a flórára nézve a növényzet arculatát is igyekeztek kideríteni. A megrajzolt új táj szavannaszerű képet mutat. A mai trópusi szavannák valóban gazdagok pálmákban. Miután azonban a Jurányia-nemzetség ma nem él, pontosabb éghajlati és nedvesség igénye nem ismeretes. Lehet, hogy nagyobb nedvesség igényű pálma volt. A kréta-flórák megítélése ilyen szempontból igen nehéz, mert a különböző típusok nagy keveredést mutatnak.

A krétában már nagyon kezd kidomborodni az egyes lelőhelyekről származó maradványok arányszámában mutatkozó fonákság. A mocsár és vízi élettér növényei sokkal nagyobb arányszámban szerepelnek a maradványok közt, mint azt eredeti arányuk következtében várnánk. A mocsári növények, így pl. a láp- és ligeterdők fái a betemetődéshez sokkal közelebb álltak, mint a száraz erdők fanemei. Ezt sohasem szabad a flóra megítélésekor szem elől tévesztenünk. A másik, a növénytakaró fonák megítélésére vezető körülmény az, hogy a fűnemű növények maradványai elenyészően csekély számban találhatók a falevél maradványokkal szemben. Ezt némileg enyhíti az a helyzet, hogy vannak főként magvakból és termésekből álló maradvány-együttesek. Ezeknek fajai közt már inkább megfelelő arányban vannak a fűneműek.

A krétában kétségtelenül éltek fűnemű zárvatermők, hiszen már a jurából ismerjük a tündérrózsák pollenjét, azt azonban, hogy akkor milyen növényekkel voltak borítva a fátlan területek, és voltak-e már rétek és sztyeppek — nem tudjuk megítélni. Nézetünk szerint a legutóbb említett növénytársulások fiatalabb kialakulásúak, s



33. ábra. Az északi félgömbön a meleg és mérsékelt égövi flóra közti határvonal a harmadidőszak elején, valamint a szárazságtűrő elemek fajfejlődési központjai — 1. Észak-Amerikában, 2. Eurázsiában

ha a krétában voltak is ilyen társulások, korántsem egyeztek meg a maiakkal — sem összetételben, sem ökológiában. Ezeket a társulásokat a harmad időszak hozta meg ott, ahol megfelelő éghajlati adottságok uralkodtak.

A felső kréta éghajlata a mi területünkön a mainál lényegesen melegebb volt, amire a pálmák előfordulása kétségtelen bizonyíték. Máshonnan azonban igen sok inkább mérsékelt övi típust írtak le, úgyhogy az ilyen területeken trópusi éghajlatra nem gondolhatunk. Az Északi-sarkvidéken, valamint az Uraltól keletre egész Észak-

Ázsiában dél felé egy vonalig (amely az Aral-tótól kissé délre lejtve, kelet felé egészen Dél-Koreáig húzódik), ugyanígy Észak-Amerikában is, keleten mélyebbre húzódva az egyenlítő felé, mint nyugaton, — a felső krétától kezdve más flóra uralkodott, mint a vonaltól délre. Északon a flóra következetesen mérsékelt égövi arculatú volt, lombhullató fákból állt, pálmák és egyéb trópusi típus nélkül. Ezt a flórát Eurázsiában *Kristofovics turgáji flórá*nak nevezte, míg a vonaltól délre eső, nagyjából inkább örökzöld fákból, de mindenesetre nagyobb hőigényű növényekből álló flórát *poltava flórá*nak. Ez az elkülönülés Eurázsiában egészen a miocénig tartott. Míg azonban azt nem állapíthatjuk meg, hogy a krétában nálunk díszlő flóra milyen kapcsolatban van a mai trópusi flórákkal, addig a harmad időszak elejétől kezdve a kapcsolatok egyre inkább előbukkannak és egyre tisztább képet adnak a fosszilis flórák származásáról, életmódjáról, és a növénytakaró arculatáról. (33. ábra.)

A felső krétában már nagy területeket borítottak olyan erdők, amelyek lombkorona szintjét főleg zárvatermők alkották. Itt ismét hivatkozunk arra a már említett jelenségre, hogy a zárvatermő fák ökológiai elődje, a *Ginkgo* hirtelen visszahúzódik, és ezentúl csak elvétve mutatkozik. A cserjeszint valószínűleg gyorsan alakult ki, most már elsősorban árnyékkedvelő növényekből, mégpedig új cserjefajokból, amelyek az evolúció során magasabb termetű fákból származtak. A fűnemű növényzet minden valószínűség szerint kezdetben elsősorban páfrányokból állt. Az alsó krétából még vannak páfrányfa-maradványaink; a felső krétától kezdve ennek az életformának a nyomai elenyésznek, noha még az óharmad időszakból is vannak olyan levélmaradványaink, amelyek lehettek fa-, de éppúgy fűnemű páfrányok is.

A kréta meghozta az összes életformát, amit ma ismerünk. A következőkben ezek törzsfejlődéséről és kifejlődési központjairól szólunk néhány szót.

A MAI NÖVÉNYTAKARÓ KIALAKULÁSA

Az életformák törzsfejlődése

Ez a cím nehezen megfogható, és eddig még kevéssé kutatott problémát takar. Minthogy az életforma éppúgy a növény sajátsága, mint a növény bármely alaki és szerveződési tulajdonsága, ezért nyilvánvaló, hogy a növény életformáját is hosszabb vagy rövidebb idő alatt szerezte meg a törzsfejlődés során. Mivel pedig az a feladatunk, hogy a növényi élet történetét tárjuk az olvasó elé, így a növényt kialakulásában e téren is el kell kísérnünk.

Minden növénynek megvan az életformája. Ez annyit jelent, hogy termetében és szerveződésében olyan alkotású, amely a legjobban megfelel annak a környezetnek, amelyben él, és ez az életforma szabja meg helyét és szerepét a növényi közösségben. Az életformának ilyen magyarázata még igen homályos és határozottabb körülírást követel meg. Maga az életforma fogalma is csak az utóbbi időben, a korszerű növénykörnyezettani kutatások folyamán vált határozottá. Eszerint *az életforma a növénynek az adott környezeti viszonyok közt felvett alakja, szerveződése és életmódja.* A környezeti viszonyok közt első helyen állnak az éghajlat tényezői, és így a növény életformája az éghajlat függvénye. Az életformákat ilyen megfogalmazásban igyekeztek rendszerezni. A *Raunkiaer-féle,* legáltalánosabban használt életforma-rendszer aszerint osztályozza a növényeket, hogy milyen változásokat szenved a növény a kedvezőtlen évszakban, és a következő idényben a talaj felszínéhez viszonyítva hol kezdi meg továbbfejlődését. Az életforma-rendszer tehát az éghajlat szakaszosságán (periodicitásán) alapszik. A növény a kedvezőtlen évszakban vagy nem szenved semminemű termetbeli csökkenést, illetve olyan helyen él, ahol nem következik be évenként kedvezőtlen évszak, és a növény hosszú ideig megtartja teljes termetét, vagy pedig kisebb-nagyobb részét elveszti a kedvezőtlen évszak beálltakor. Ezzel a következő évre szolgáló rügyek egyre közelebb jutnak a talajhoz, végül az alá süllyednek. Az egyéves növények pedig mag vagy spóra alakjában élik át a kedvezőtlen évszakot. Ez az életforma-rendszer csak a magasabbrendű növényeket foglalja magában, tehát azokat, amelyek a növénytakarónak jól látható s abban tevékenyen résztvevő tagjai.

A fő kategóriák kisebb kategóriákra oszlanak, és minden további sajátságot, mint pl. a fák esetében a lomb évi periodicitását és állományát is figyelembe vesszük, mert mindezek jellemzői az éghajlati adottságoknak. Az ősmaradványok alapján álló történetünk elsősorban a fás növények különböző életformáinak kialakulását, kialakulási helyét és terjeszkedését tudja követni, hiszen maradványaink túlnyomó része fás növényektől származik. Ezek tanulmányozásából megállapítható, hogy a múlt letűnt nagy osztályainak életformája nem foglalta magában azt a nagy változatosságot, amelyet a zárvatermők osztályaiban tapasztalunk. A pikkely- és pecsét-

fák ún. üstökösfák voltak, bár bizonyos vélemények szerint a pecsétfák egyúttal törzsszukkulensek (szárazságtűrők) voltak, ha nem is olyan mértékben, mint a kaktuszok. A legváltozatosabb Pteropsida-típus sem élt és él sok életformában. Ismerünk közöttük üstökösfákat (ezek a páfrányfák), felfutó, liánszerű páfrányokat, fán lakókat, évelő és egyéves fűneműeket. Az évelő fűneműek rügyei a talaj felszínén vagy alatta fejlődnek.

Már sokszor említettük, hogy a nyitvatermők következetesen fásodó szárúak, fák vagy cserjék, üstökösfák, tű- illetve pikkelylevelűek, a tűlevelűek nagyobbrészt áttelelők, ritkábban lombhullatók illetve széles levelűek. Mint egyedüli lombhullató lombosfa áll köztük a *Ginkgo.*

A zárvatermők megjelenése után rövidesen kialakult az összes életforma; *Raunkiaer* rendszere főképpen rájuk vonatkozik. A életformák törzsfejlődése a zárvatermők ifjúságában a krétában volt a legserényebb és a legeredményesebb. Mint a testi tulajdonságok legtöbbje, az egyes életformák polifiletikus keletkezésűek, hiszen a Földön minden éghajlat-típus több helyen található és ilyen helyeken egymástól függetlenül különböző fejlődési sorokon indul meg a megfelelő életforma kialakulása.

Bennünket itt elsősorban azok az életformák, kialakulásuk, kialakulási helyük, földrajzi fekvésük és mai elhelyezkedésükig való sorsuk érdekelnek, amelyek Földünk különböző éghajlati területein az erdők lombkorona szintjét alkotják. Ennek megítélésében ősnövénytanilag bizonyos nehézségeink vannak. A levélmaradványokról azok eredeti állománya és periodicitása (ti. hogy lehullásuk a kedvezőtlen évszakhoz van-e kötve, vagy attól függetlenül, egy vagy több év után történik) nem mindig olvasható le. Sőt, egyáltalában nem olvashatjuk le a maradványokról a rügyvédelmi viszonyokat, bár azok az életforma megítélésében szintén fontosak. Ennek ellenére bizonyos fokig követni tudjuk az egyes fák finomabb életformáinak időbeli megjelenését.

A fák egyik fontos életforma típusa a tűlevelű, amely lehet lombhullató, de gyakrabban örökzöld. Ezek többsége a fenyők osztályába tartozik (nyitvatermők). Kialakulásukról és megjelenésükről már volt szó. Tű- és pikkelylevelű kétszikű fákat (zárvatermők) is ismerünk. Miután ezek lomblevelű ősöktől származnak, aránylag későn fejlődtek ki. Ilyen a vasfa *(Casuarina).* Levelei átellenesek, virágai örvös állásúak (ez mind levezetett sajátság), amihez hozzájárul a csupasz egyivarú virág. A típus tehát igen fiatal; hosszú fejlődés során keletkezett. Egyéb pikkely- és tűlevelű zárvatermő fák leginkább száraz vidékeken élnek. Általában fiatal kialakulású életforma.

A trópusi örökzöld levelű fák, illetve az olyanok is, amelyek lombja az évszaktól függetlenül egyszerre hull le — ha a lomb fennmaradása nem is tart több évig — kétségtelenül régi keletkezésűek, noha véleményünk szerint nem voltak a legelsők. Mindenesetre már a zárvatermők ősi kialakulási helyének közelében megjelentek. Legősibbnek számítjuk a babérlevelű és lombhullató életformákat, amelyek mintegy egyidejűleg léptek fel a zárvatermők kialakulási idejében és helyén. Maga a *Magnolia* nemzetség ezt a két levéltípust képviseli. A babérlevelű zárvatermők csak igen csekély ingadozású, nem száraz nyarú, de nem is forró éghajlathoz vannak kötve, örökzöldek, rügyvédelemmel. Ebből alakulhattak ki igen röviden a trópusi fajok. A kialakulás hegyvidéki élőhelye elsősorban a babérlevelű fáknak kedvezett. Törzsfejlődésileg a babérfélék családja legnagyobbrészt ilyen örökzöld lombú fákat foglal magában, a többi kisszámú faj lombhullató *(Sassafras, Benzoin officinale).* A periodikusan lehulló lombtípus azért is régi, mert hiszen a *Ginkgo* is ilyennek tekintendő.

A fák még hártralevő két elterjedt lombtípusa a többinél lényegesen fiatalabb keletkezésű; ezek a keménylevelűek és a monszunfák. Mindkettő bizonyos fokú

száraz évszakhoz alkalmazkodott: a keménylevelűek az aszályos nyarat lombos állapotban élik át, a monszunfák lombja pedig az esőtlen évszak beálltakor lehull. A keménylevelű örökzöldek Földünkön a szárazulatok nyugati partvidékén, a térítőktől kisebb távolságban a sarkok felé uralkodó száraz és forró nyarú ún. szubtrópusi éghajlat alatt alkotnak erdőket. Kialakulásuknak is ennek az övnek a vidékén kellett végbemennie. Két eltérő típusuk van: az északi és a déli félgömb keménylevelűi. A déli típus kialakulása régibb, — a harmad időszak elejére (eocén) tehető. Minden okunk megvan feltételezni, hogy kialakulásuk legalább részben az északi félgömb megfelelő övében történt. Az északi típus, amely ma a Földközi-tenger vidékét és a pacifikus Észak-Amerika megfelelő övét jellemzi, sokkal fiatalabb. Kialakulása Európában az az oligo-miocénre tehető; Észak-Amerikában viszont valószínűleg régibb. Mindkettő mai elterjedési területétől nem messze alakult ki.

A monszunfák olyan trópusi éghajlaton élnek, amelyet az esőzés erős periodicitása jellemez, és száraz évszak alakul ki, amikor a növényzet nyugalomra tér, lombját lehullajtja. Ősnövénytani szempontból nehéz az ilyen típus kialakulási idejét és helyét megállapítani. Mindenesetre a trópusi örökzöld típusból alakult ki, de valamivel később. Megállapíthatjuk azonban azt, hogy az ilyen fák sarki határán, ahol a száraz nyugalmi időszakot hideg nyugalmi időszak (tél) váltja fel, — a monszunfák átalakulnak nyáron zöld lombhullatókká. Erre példák azok az *Acacia*-fajok, amelyek a trópusi afrikai monszunfáknak a Szahara északi szegélyéig, tehát kemény telű éghajlat alá előretolt előőrsei. Ilyen esetekre még a későbbiekben is rá fogunk mutatni.

Különleges környezeti adottságok különleges életformák keletkezésére vezetnek. Például rendkívül száraz, de nem sivatagi és emellett magasabb hőmérsékletű éghajlat alatt alakult ki a törzsszukkulens, más szóval a kaktusztípus. Egymástól egészen elszigetelt területeken fejlődött ki, mindenütt különböző törzsfejlődési sorokon. Az Újvilágban a *Cactaceae* család alakult ilyenné, szúrós lomblevelű cserjéből. Az Óvilágban megtévesztésig hasonlóak a kaktusz alakú kutyatejek *(Euphorbia)*, továbbá az ún. *Stapeliák*. A kialakulási központ általában a mai eltejedési területre esik. Ezzel szemben az ún. elevenszülő mangrove cserjék (a trópusi iszapos tengerpartok parti cserjéseinek igen sajátságos életmódú fajai) Kelet-Ázsia trópusain vették fel életformájukat és innét terjedtek nyugat felé. A trópusi Kelet-Ázsiában találjuk közülük a legtöbb fajt; nyugat felé haladva a fajok száma csökken, s az Újvilágban már csak 3—4 ilyen fajt találunk.

A növénytársulások fejlődéstörténete

Már korábban megállapítottuk, hogy a fiatal, életerős fajok változékonyak, simulékonyak, sokféle környezetben megélnek, és nem válogatják meg az „élő környezetet" sem, amelybe beletelepszenek. Később a fajok már csak meghatározott környezetben életképesek, és kezdenek az élő növénytakaró egy bizonyos összetételéhez „ragaszkodni", ahhoz hűekké lenni. A független lényből tehát társuló lény alakul ki. Minden társulásnak határozott arculata, életmódja van, meghatározott az életforma és faji összetétele is. Az összetétel, az életmód és az arculat egyaránt fejlődés eredménye.

A társulásokat is rendszerbe foglalják. Minden társulás különböző magas szintekből áll, és mindig a legfelső szint (erdő esetében tehát a lombkorona-szint) életformája adja meg azt a legnagyobb kategóriát, amelybe az illető növénytársulást besorozzuk. A társulás fejlődéstörténete is természetesen elsősorban a felső szint kialakulásához

van kötve; az alsóbb szintek arculata és életmódja, valamint faji összetétele is a felső szint függvénye. A törvényszerűségek szerint felépülő együttes törzsfejlődését *cönogenezis*nek vagy társulásfejlődésnek nevezzük. Ehhez először az szükséges, hogy a növényfajok, amelyek alkotják, közös éghajlati és talaj igényűek, idővel pedig annyira válogatósak legyenek a finomabb éghajlati és talajtényezőkkel szemben, hogy csak meghatározott faji összetételű növénytársulásban élhessenek meg. A növény maga is, leginkább azonban a növények együttese hatással vannak a talajra és a talajmenti éghajlatra; ott meghatározott viszonyokat teremt. A növény eleinte csak az élettelen környezeti viszonyokhoz, idővel az élő környezet által kialakított finomabb környezeti viszonyokhoz is „ragaszkodik", vagyis *csak ott életképes.* Ezt a *társuláshoz való hűségnek* nevezzük. Mindezt természetesen úgy kell felfognunk, hogy a növény később is megél bizonyos mértékig különböző viszonyok között, azonban csak a szűkebbre szabott határok közt annyira életképes, hogy a létért a többi fajjal folytatott küzdelemben is helytáll. Máshonnan ugyanis az ott életképesebb fajok kiszorítják.

Nem célunk itt a társulások kisebb kategóriáinak fejlődéstörténetét részletezni, csak a legnagyobb társulási egységek, a növénytakaró típusok megjelenési idejét és egymáshoz való viszonyát kívánjuk röviden fejtegetni. Miután a legnagyobb kategóriákat elsősorban a legfelső szint életformája jellemzi, azért a növénytakaró típusok kialakulása ezeknek az életformáknak a kialakulásához volt és van kötve. Természetesen mindig voltak különböző, ma nem élő társulások is, erdők, cserjések stb., mi azonban csak azokra térünk ki, amelyek ma is előfordulnak.

A *tűlevelű erdő* különböző típusai a megfelelő fenyők megjelenési ideje után alakultak ki. Mindenesetre régebbiek azok a fenyvesek, amelyek kiegyenlített éghajlathoz vannak kötve, és lényegesen fiatalabb származásúak a szélsőséges éghajlat alatt kialakult tűlevelű erdők, amelyek azonban az előbbiekhez viszonyítva összehasonlíthatatlanul nagyobb területeket borítanak. A fenyőerdők tovább is osztályozhatók. Minden kisebb kategória fiatalabb keletkezésű, mint maga a növénytakaró típus.

A *trópusi nedves őserdők* a legősibb társulástípusok közé tartoznak, csak a lombhullató erdők és a babérerdők tekinthetők a lomberdők közt régebbieknek. Természetesen, ha részletekbe megyünk, itt is minden kisebb kategória fiatalabb keletkezésű. Legfiatalabb fás növénytakaró típusok a monszunerdők és a keménylevelű örökzöld erdők. Az utóbbiak közt a déli típusok az idősebbek, s az északiak a fiatalabbak.

Harmad időszakunk folyamán a következő erdőkről fogunk meggyőződni. Típusos trópusi nedves őserdők Közép-Európában valószínűleg sohasem alakultak ki. Mindig nagy volt a különböző éghajlati igényű fák keveredése. Ezt azzal magyarázzuk, hogy akkor a fajok még simulékonyabbak voltak, és nem voltak kötve egy meghatározott éghajlat típushoz. A korábbi nagy keveredés után bizonyos elkülönülés észlelhető az oligo-miocénben, amikor a babérlevelű fák uralomra jutottak és babérerdők alakultak ki, bár még akkor is lényeges keveredéssel. A tűlevelű erdők közt ekkor még csak a kiegyenlített éghajlatúak éltek, amelyeket a babérlevelű lombosfák kategóriájába szoktak besorolni. Az eddigi kutatások arra mutatnak, hogy ilyen erdők alkották a fiatalabb harmad időszaki barna kőszenek szerves anyagát.

A középső-miocén végén kezdenek kialakulni a *keménylevelű örökzöld,* mediterrán jellegű erdők, és kialakulásuk zenitje a felső miocén elejére esik. De ezek az erdők sem voltak tisztán keménylevelűek: mindig erős volt a keveredés. A felső miocén további folyamán a lombhullató erdők lettek uralkodókká, s mellettük — főként a pliocénben még csak a babérlevelűek kategóriájába tartozó fenyőerdők borítottak roppant nagy területeket. Azután a széleslevelű babérerdők egyes zugokba szorultak, a keménylevelűek pedig tőlünk délebbre húzódtak vissza.

Ősnövénytanilag ezenkívül legfeljebb még a cserjések különböző típusainak és *az*

erdők cserjeszintjének törzsfejlődésére tudunk következtetni. Minden erdei vegetáció-típust követ egy megfelelő cserjés vegetáció-típus. A tűlevelű cserjések ma egyrészt magashegységekben vannak kifejlődve, másrészt száraz vidékeken. Nálunk az előbbiek csak a negyed időszakbani eljegesedés folyamán jelentek meg. A trópusi őserdők egyik cserjése a mangrove, amelynek létezéséről nálunk az eocénben és az alsó oligocénben vannak kézzelfogható adataink. A monszunerdők cserjései bizonyos fokig mutatkoznak száraz időszakokban az oligocén folyamán. A babérlevelű cserjések főképpen a tortonban játszanak szerepet, de sohasem önállóan, hanem inkább mint ritkás erdő cserjeszintje. A keménylevelű örökzöld cserjések a felső miocén alsó szakaszában, kedvezőtlen talajon a keménylevelű erdők kisérői.

A *mai növénytakaró-típusok* éghajlati változások következtében lefolyó kicserélődésekor először a lombkorona-szint cserélődik ki, míg a megfelelő cserjeszint kialakulása csak azután következik be. Ilyen jelenség a mai növényzetben is és a harmadidőszaki növényzetünkben is észlelhető. A keménylevelű erdők legnagyobb elterjedése a felső miocén legalsó szintjére esik. A keménylevelű cserjeszint legteljesebb kialakulását a harmadik szintben látjuk.

Mindezek előrebocsátása után áttérünk a növénytakaró harmad időszaki történetére.

A paleocén és az eocén flórája

Minthogy az eocénből igen sok pálmamaradványt és rengeteg trópusi növény maradványát ismerjük, az a felfogás alakult ki, hogy akkor Közép-Európában — egészen Angliáig — trópusi éghajlat uralkodott. Ezt igen szépen meg lehetett magyarázni a *Wegener*-féle elmélettel. Emellett kimutattak szárazabb éghajlatú trópusi flórákat is; így pl. a Geisel-tali kőszénképződést olyan trópusi galéria-erdőnek tulajdonítják, amely folyóvíz mellett terült el,míg a távolabbi területek az évenként két ízben beköszöntő száraz évszakban úgyszólván sivatagiak voltak. Ilyen esőeloszlás csak az egyenlítő közvetlen táján alakulhatott ki. Újabb kutatások és azok értékelése mégis arra mutat, hogy az éghajlat az eocén folyamán sem Közép-Európában, sem Észak-Amerikában nem volt egyformán forró. Ha az eocént paleocénre és szűkebb értelemben vett eocénre tagoljuk, — a paleocénben a hőmérséklet általánosan alacsony volt, noha a mi jelenlegi hőmérsékletünknél lényegesen magasabb, mondjuk szubtrópusi. Az évi átlag 20 C° alatt maradt. Az eocénben a hőmérséklet emelkedett, és ekkor szaporodott el a sok trópusi elem. Ilyen volt pl. a londoni agyagban (London mellett) a *Nipa-pálma*, amely folyók torkolatában olyan mangrove növényzetet alkotott, amilyent ma Indiában és a Szunda-szigeteken látni. A part mögötti sáv azonban még ebből az időből sem mutat fel kizárólag trópusi elemeket. Kevert erdőket kell feltételeznünk. Erre mutat elsősorban a fenyők jelenléte, bár az eocénben a fenyők nem gyakoriak. A *Taxodiaceae* család, amelybe ezek a fenyők tartoznak, ma meglehetősen magas szélességeken él, és inkább csak a mocsárlakók közelítik meg a forró éghajlatot. Egy másik jelenség az *Eucalyptus*, amelynek fajai legnagyobbrészt nem trópusiak, hanem a déli szubtrópusi övben élnek. Ezekhez járul a kimondottan mérsékelt övi elemek egész sora, amelyek ugyan igen kis egyedszámban találhatók, mégis arról vallanak, hogy az éghajlat nem lehetett egészen olyan, mint a mai forró égövi éghajlat. Így nem alakulhattak ki típusos trópusi növénytársulások, amelyekből az ilyen elemek kiszorultak volna.

Fontos eocén-flórákat írtak le London mellől, továbbá Franciaországból a Párizsi medencéből, Németországból több helyről, Észak-Amerikából különösen a Mississippi középső folyásának a környékéről és Alaszkából. Érdekes, hogy az alaszkai

flórákban is gazdag a trópusi elem, de erősen keverve a mérsékelt öviekkel, amilyen a katszurafa *(Cercidiphyllum)*. A Mississippi mentén akkortájt a neotrópusi flórának megfelelő növényzet élt. Ezzel szemben statisztikailag kimutatták, hogy pl. a londoni agyag flórája legnagyobb százalékban maláji elemeket tartalmaz. Ez arra mutat, hogy a trópusi flórák már az eocénben két részre különültek el. Az egyik paleotrópusi volt, amely akkor a Thetis-tenger északi partján Európától (Angliától) egészen Délkelet-Ázsiáig élt (sajnos nincsenek megfelelő adatok, hogy milyen volt az eocénben Afrika flórája) a másik pedig neotrópusi, amely akkor az alsó Mississippiig (nyugaton még északabbra) terjedt.

A már a krétában megállapítható határvonal a meleg igényű poltava flóra és a hidegtűrő turgáji flóra közt továbbra is fontos elválasztó vonal maradt. Hasonló vonal választotta el Észak-Amerikában a neotrópusi flórát a hidegtűrőtől. Ez a vonal akkor mintegy a 40-ik északi szélességi fok mentén húzódott kelet felől a Mississippiig, onnan azonban ívben északnyugati irányba fordult, majd az 50-ik szélességi fokon jóval túl érte el a Csendes-óceánt. Ez arról tanúskodik, hogy a nagyobb meleg-igényű flóra a szárazulatok nyugati részében sokkal jobban megközelítette a Sarkvidéket, mint keleten. Ezt a meleg áramlatoknak tudják be, hiszen jelenleg is hasonló a helyzet.

Hazánkban az eocénből nem sok flórát ismerünk, s ezek is aránylag kevés adatot szolgáltattak, mert a maradványok sok esetben silány állapotúak és nehezen határozhatók meg. Ilyenek a Buda környékéről, pl. a Kis-Svábhegyről valók, ahonnan pálmatermések, köztük a *Nipa* termései is előkerültek. A *Nipa* az eocén után nem fordul elő hazai területen. A Dunántúl igen gazdag eocénkorú barna kőszenekben, de miután ezek nem tartalmaznak szerkezettel bíró maradványt, így nem tudjuk, hogy milyen fanemek alkották a növényzetet. A dunántúli eocén-flórák közül egyelőre leggazdagabb és legjobban ismerjük a lábatlanit, amely trópusi és szubtrópusi elemekből tevődik össze, s csak kevés a hideget inkább tűrő elem. Legújabban Dorogról került elő egy gazdagabb eocén-flóra. Máshonnan is előbukkantak egyes eocénkori növények, pl. a Gellérthegyről, Balinkáról (ahonnan egy igen szép egyszerű páfránylevél került felszínre), Tatabányáról stb. Még így is azt kell megállapítanunk, hogy a harmad időszakból hazánkban az eocént ismerjük a legkevésbé. Egyúttal nehéz is a néhány maradványból álló flórák összehasonlítása akár a többi hazai, akár a külföldi hasonló korú flórákkal. Talán még a Sézanne-i flóra áll legközelebb a lábatlanihoz.

A paleocén és eocén együttesen mintegy 15—20 millió esztendeig tartott. Kétségtelen, hogy ez alatt a zárvatermők közt rengeteg további nemzetség és tömérdek faj keletkezett. Egyúttal mindezek nagyon terjeszkedtek is. A fajok —, akár trópusiak, akár mérsékelt öviek voltak is — természetesen be-benyomultak a más éghajlati igényűek területére is; ezért van az, hogy már az eocénben a poltava-elemek közé turgáji elemek keverednek —, igaz, még aránylag csekély számban. Úgy képzeljük, hogy az eocénben előforduló kis hőigényű elemek elsősorban vízparti fák voltak, amelyek ezen a semleges vándorúton mélyen benyomulhattak a magasabb hőmérsékletű területekre. Ez ma is így történik. A vízparti fák az örökzöld övekben következetesen lombhullatók.

Közép-Európa a következő korban, az oligocénben kezd annak a párviadalnak a szinterévé válni, amely a trópusi elemek és a turgáji flóra közt indul meg. Ennek a viadalnak az esélyeit a mindenkori éghajlat tulajdonságai nyújtják, viszont a két flóra közti arányszámok hű tükrei a hőmérsékletnek.

Meleg égövi alsó oligocén-flórák Eger mellett és Buda környékén

Az alsó oligocén növényzetének külön fejezetet szentelünk, mert ebből a földtörténeti emeletből hazánkban igen gazdag és aránylag már tüzetesebben átkutatott rétegeket ismerünk. Ilyenek vannak Buda környékén és Eger mellett a Kiseged hegy oldalában. Különösen az utóbbi lelőhely az, amely hazai viszonylatban eddig a legtöbb növénylenyomatot szolgáltatta, s az egyik leggazdagabb és legváltozatosabb harmad időszaki flórát tárja elénk. (34., 35. és 36. ábra.)

Az oligocén éghajlatára vonatkozóan németországi pollenanalitikai kutatások kimutatták, hogy Közép-Európa északi részét az oligocén elején elözönlötte számos turgáji elem, ami a hőmérséklet erős csökkenésére mutat. A hőmérséklet nem változott az oligocén végéig, s csak a miocénben következett be újabb felmelegedés. Ezt azzal magyarázzák, hogy az Északi-tenger az eocénben délnyugat és délkelet felé egyaránt melegebb tengerekkel volt összeköttetésben. A meleg áramlatok mintegy három oldalról folyták körül Európa derekát. Az oligocén elején ezek a tengeri utak elzáródtak, s az Északi-tenger észak felé a Jeges-tengerrel került közvetlen összeköttetésbe. Onnan hideg áramlatok jutottak el Közép-Európa északi partjaiig, és ezzel az ottani korábbi csaknem trópusi hőmérséklet meleg-mérsékeltre változott.

Hazai viszonylatban az oligocén elején nagyobb turgáji flórainvázió nem észlelhető. Az alsó oligocén flórája tartalmaz ugyan hidegtűrő elemeket, de ezek arányszáma a flóra melegkedvelő elemeinek arányszámához mérve csekély, csaknem elenyésző. Nagyobb betódulás csak az oligocén végén történt, noha akkor sem lehet hőcsökkenésre következtetni.

A flórának a harmad időszak folyamán bekövetkező kicserélődése nem egyértelmű. A hőmérséklet nagy általánosságban csökken, mert amíg a harmad időszak elején legalábbis szubtrópusi, sőt az eocén egyes szakaszai folyamán úgyszólván trópusi volt a hőmérséklet, addig a harmad időszak legvégére a mainak megfelelő értékre, sőt utána az alá száll le. Közben azonban többször tör be időleges felmelegedés, így pl. már a paleocén-eocén határán. Az oligocén folyamán ismét látunk bizonyos hőmérséklet emelkedést. Kisegeden három egymástól nagyon kevéssé különböző flóra váltja fel egymást. Az alsó élt a leghűvösebb éghajlat alatt. Itt tehát megállapítható a hőcsökkenés az eocénnel szemben; erre azután csekély felmelegedés áll be, ami a középső szint flóráját jellemzi. A felső szint hasonló éghajlatú, mint a középső, flórája is erre mutat, de bizonyos flórafejlődést kell megállapítanunk abban, hogy megjelenik az *Acer* (juhar) nemzetség, amely a későbbiekben igen nagy szerepet játszik. A nemzetség összes faját turgáji elemnek kell tekintenünk, melyek észak-kelet felől nyomultak be hozzánk. Ezt a benyomulási irányt azokra a fajokra illetve fajcsoportokra is feltételezzük, amelyek ma kizárólag Észak-Amerikaiak (pl. az *Acer rubrum)*. Az *Acer* nemzetség ma is teljesen trópuson kívüli; a trópusokra csak hegyvidéken nyomul be. Kialakulása Kelet-Ázsiában folyt le, ahol azonnal lombhullatóvá és csekély hőigényűvé vált.

Az eocén-flórákkal szemben az alsó oligocén igen szegény pálmákban, ezzel szemben gazdag fenyőkben. A *Taxodiaceae* család itt is uralkodik, de fajai mellett a *Pinus* nemzetség is több fajjal szerepel, a *Cupressaceae* család pedig több nemzetséggel.

34. ábra. A kisegedi alsó oligocén flóra legjellegzetesebb lenyomatai: 1. Asplenium egedense, *2.* Libocedrus salicornioides, *3.* Cinnamomum lanceolatum, *4.* Platanus schimperi, *5.* Castanopsis furcinervis, *6.*Dryophyllum, *7.* Engelhardtia brongniarti *szárnyastermése, 8.* Cunonia oligocaenica, *9.* Elaeododendron obovatum, *10.* Zizyphus zizyphoides, *11.* Apocynophyllum reussii, 12. Smilax weberi



1
2
3
4
7
12
5
6
8
10
9
11

Mindezek a fenyők egyáltalában nem trópusiak, sőt egy részüket még szubtrópusiaknak sem tekinthetjük, hanem csak mérsékelt hőigényűeknek. A fenyők alsó oligocénbeli elterjedésére nézve a következőket mondhatjuk. Soha és sehol sem tömegesek a növény-együttesekben, de úgyszólván mindig jelen vannak. Az egyes fajok roppant elterjedésűek és hosszú életűek. Hazai viszonylatban a kisegedi és Óbuda környéki lelőhelyeken csaknem következetesen ugyanazokkal a fajokkal találkozunk —, tehát a fajok aránylag egyformán voltak eloszolva. Ez egyúttal azt is bizonyítja, hogy a fenyők élete akkor nem volt még szigorúan megszabott környezethez kötve, s a növénytakaró sem tagolódott még a mai értelemben vett társulásokra. A páfrányok — amelyek akkor még lényegesen nagyobb arányban vettek részt az erdők gyepszintjének az alkotásában, mint a miocéntől kezdve — egészen más eloszlásúak, ti. a kisegedi és Óbuda környéki flóráknak csak kevés közös páfrányfajuk van. A páfrányok maradványai sokkal rapszodikusabban jelennek meg, elterjedésük is helyi adottságokhoz lehetett kötve, és nem voltak egyenlően elosztva.

A maradványok túlnyomó többségét kétszikű fák és cserjék levelei, termései és virágai teszik ki. Ha most a beporzás szempontjából vizsgáljuk az együttest, megállapíthatjuk, hogy ebben is eltér a trópusi flóráktól, mert a fák tekintélyes száma szélmegporzású. A sok cserje természetesen itt is rovarmegporzású, bár éppen a legnagyobb tömegű cserje nemzetség, a *Myrica* is szélbeporzású.

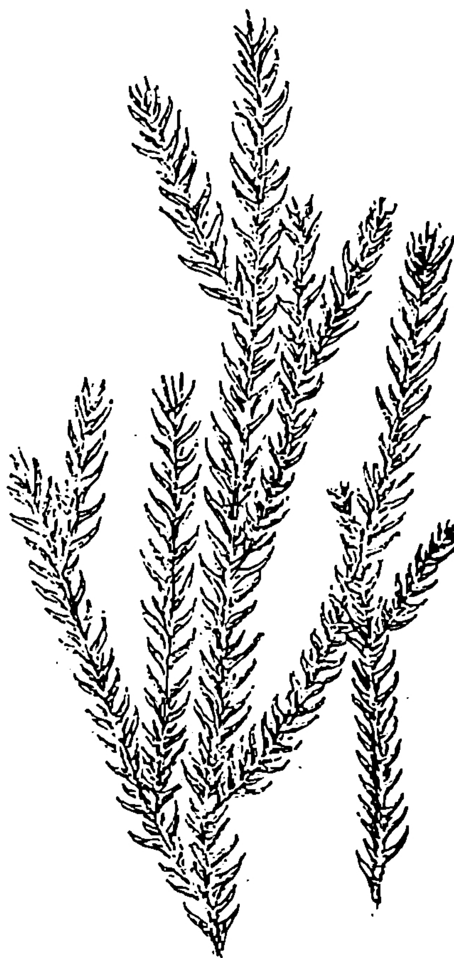


35. ábra. Myrica acutiloba *a kisegedi alsó oligocén paldából, természet után*

Trópusi jelenség azonban a fanemek roppant nagy száma, a liánok aránylag nagyobb szerepe. A kimondottan trópusi elemek közt egyetlenegyet sem találunk, amely nagyobb tömegű maradvánnyal volna képviselve. Csak egy *Zizyphus*-faj tömeges. Ez a faj nem a mediterrán lótuszcserje *(Z. lotus)* közeli rokonságába tartozik, hanem délkeletázsiai fajok rokona. Ennek ellenére sem tekinthető valódi trópusi elemnek.

A kisegedi alsó rétegek egyik leggyakoribb maradványa a *Cunonia oligocaenica*, amely a mai délafrikai *C. capensis* ősének tekinthető. Déli típusú keménylevelű, alacsonyabb termetű fa, amely ma a fokföldi ún. knisna-erdő egyik jelentős faneme. Elterjedése a melegebb szubtrópusra esik, ahol ma is sok trópusi elemmel él együtt. Ez késztet bennünket arra az elgondolásra, hogy a kisegedi környezeti körülményeket és a flóra egész helyzetét a dél-afrikaihoz hasonlónak tekintsük. Ezt más szempontok is alátámasztják. A kisegedi flóra is a mangrove övbe esik. Dél-Afrika keleti partjain a mangrove mélyen levonul az aránylag hűvösebb, tehát szubtrópusi övbe. A terep Dél-Afrikának ezen a területén rendkívül tagolt, így — tekintettel az aránylag nagyobb szélességre — a déli és északi lejtők közt lényeges hőmérsékleti különbségek vannak. A trópusi flóra előretörőben van dél felé a dél-afrikai szubtrópusi flóra rovására. A roppant változatos kisegedi növényzet is lépésenként változó terepre vall, s (ahol a trópusi elem arányszáma alacsonyabb) a felsőbb szint felé a trópusi elemek némileg előretörnek.

A növénytakaró arculata is megfelelő lehetett, csak — tekintettel arra, hogy a kisegedi flórában óriás termetű fenyők is előfordultak, amelyek Dél-Afrika flórájából tökéletesen hiányoznak — az erdőt még változatosabbnak kell elképzelnünk. Mindkét flórára ráütötte bélyegét egy bizonyos fokú szárazság. Ez a fokföldi flórában a keménylevelű örökzöld fák és cserjék nagy számában mutatkozik meg, Kisegeden pedig ezen kívül a levelek általános keskenységében és kicsinységében. A tölgy rokonságába tartozó fák levelei általában tojásdadok, esetleg lándzsásak. A kiesegedi flórában ezekhez az alakokhoz egészen keskenyszálas levelek is járulnak.



36. ábra. Sequoia sternbergii *tűleveles ága a csillaghegyi téglagyár alsó oligocén rétegeiből, természet után*

Sok egyéb rokonsági körben is uralkodnak a keskenylevelűek. Kis számban találunk nagy, széleslevelű alakokat is, *Ficus*-fajokat, *Dioscoreá*kat stb. Ezek különleges élőhelyeken, vizek mentén kialakuló galéria-erdőkben nőhettek. A kidomborodó szárazságtűrő jelleg elsősorban a kisegedi alsó rétegekben jelentkezik; valamivel gyengébb a középső és a felső rétegekben. Így a csekély felmelegedéssel együtt valamivel nedvesebb is lehetett az éghajlat. Az Óbuda környéki lelőhelyek flórája ismét valamivel magasabb hőmérsékletre és több csapadékra enged következtetni. Ezeket a rétegeket nagy általánosságban valamivel fiatalabbnak tartjuk, mint a kisegedieket. De meg kell jegyeznünk, hogy Óbuda környékén sok lelőhely van, amelyek viszonylagos korát nem tudjuk még megállapítani. A kisegedi felső szintben megjelenik, mint már említettük, a juharfa nemzetsége, de eddig csak egy ismeretlen fajjal, amely nem hozható egészen közeli kapcsolatba sem kihalt, sem ma élő fajokkal. Egyetlen levél került elő. A legújabb kutatások egy juhartermést is hoztak felszínre, úgyhogy az *Acer*-nemzetség jelenléte kétségtelen. Mindenesetre a turgáji flórának kisugárzása, de nem bizonyító erejű arra, hogy akkor lehűlés következett volna be, hiszen a többi növény közt nem mutatkozik ilyen irányú változás.

A kisegedi növénytakarót a következőképpen tudjuk rekonstruálni. A tengerparton mangrove nőtt. Ennek jellegzetes növénye egy páfrány (*Acrostichum aureum*) volt. Mögötte azonnal hegyes-völgyes táj következett, amelynek vízfolyásai mentén galéria-erdő alakult ki valódi trópusi elemekből. A déli lejtőn (a melegebb lejtőn) szárazabb talajú erdő csatlakozott hozzá. Ez sok helyen cserjésnek adott helyet. A kisegedi flóra sok szubtrópusi napfénykedvelő alacsonyabb fát és cserjét tartalmaz. A cserjék közt főképpen kelet-ázsiai szubtrópusi, és dél-afrikai, ausztráliai keménylevelű örökzöldek vannak. A hűvösebb és ennek megfelelően nedvesebb északi lejtőn elsősorban *Castanopsis*-erdő terült el. Itt és a völgyek fenekén magaslottak ki a lombkoronaszintből a *Sequoia*-fajok és a *Libocedrus*.

A kisegedi flóra fajainak legközelebbi ma élő rokonait Földünk legkülönbözőbb tájain találjuk meg. A *Castanopsis* nemzetség elterjedése főként kelet-ázsiai, s ott fajai ún. szubtrópusi esőerdőket alkotnak. Kisegeden az aránylag keskenyebb levelű fajok

lényegesen szárazabb éghajlatról tanúskodnak. A hozzájuk csatlakozó babérlevelű tölgyek (*Lithocarpus, Pasania, Cyclobalanopsis*) szintén kelet-ázsiaiak. Az eocénhez viszonyítva aránylag kisszámú az ausztráliai *Eucalyptus*, ugyanígy a *Callicoma*, a *Ceratopetalum*, a *Cunoniaceae* család keménylevelű magascserjéi. A *Cunonia* maga fokföldi. A kisebb cserjék közt gyakori a kelet-ázsiai szubtrópusi rokonság (*Abelia, Hydrangea, Diervilla*). A mérsékelt övi fajok közül meg kell említenünk a nyárfát, az égert, a gyertyánt és a szilfát, amelyek mind jelen voltak a flórában — valószínűleg mint vízparti ligetek fái, s amelyek rendkívül kevés maradványt hagytak vissza. Bizonyítottnak kell tekintenünk, hogy nem a nagyobb hőigényű, hanem a mérsékelt övi elemek voltak a kisegedi éghajlaton övönkívüli helyzetben.

A trópusi elemek nagy többsége óvilági rokonságú. Kimondottan óvilági nemzetségek azok közül, amelyeknek sok maradványa van — a *Cinnamomum*, az *Engelhardtia* és a *Zyziphus*. Valószínű, hogy sok olyan nemzetségből is, amelyek ma mindkét világtájon el vannak terjedve, a kisegedi alakok inkább az óvilági fajokhoz állnak közelebb. Ilyen nemzetségek a *Sapindus*, a *Ficus* és sok más.

Meg kell még emlékeznünk az édesvíz növényeiről. A kisegedi rétegek tengerben rakódtak le, a parttól bizonyos távolságban, mert az üledék finomszemcsés. A növénymaradványokkal együtt sok a tengeri hal-maradvány. A növények közt azonban vannak édesvíziek is. Ezeket áradások hozhatták távolabbi élőhelyekről a tengerbe. Vannak köztük tündérrózsák (*Nelumbo, Nuphar*), hinárok (*Ceratophyllum*) és kolokán (*Stratiotes*), ma nagy elterjedésű nemzetségek fajai, amelyek különböző éghajlat alatt élnek. Ez is azt bizonyítja, hogy a vízi növények nem annyira övi elhelyezkedésűek, mint a szárazföldiek, és nem mutatják azt a kicserélődést, amit a száraz talajú flóra.

Összefoglalva az elmondottakat, a kisegedi nagyon változatos flóra csekély számban foglal magában mérsékelt övieket. A szubtrópusi elemek fajszáma szintén mérsékelt, de maradványszámuk igen nagy, jeléül annak, hogy a növénytakaróban nagy tömeggel vettek részt. A trópusi rokonságú fajok száma a többiekét messze felülmúlja, noha maradványszámuk egyenként nem tekintélyes. Volt tehát egy igen sok fajból álló trópusi színezetű galéria-erdő, egy kevés fajból alakult szubtrópusi erdő, amely erősen változott aszerint, hogy vezérnövénye a *Cunonia* vagy a *Castanopsis* volt-e. A *Cunonia* a felső szintben visszahúzódik, s az Óbuda környéki flórákban is ritkább. Valószínűleg kialakult mocsári cserjés is, leginkább *Myrica*-fajokból. Az alsó oligocén az eocénhez képest hőcsökkenést és erősebb szárazabbá válást mutat.

Hazánkon kívüli területekről igen sok alsó oligocénből származó flórát ismerünk, bár ezek korának megállapítása nem mindig nyugszik szilárd alapokon. Ilyen a délangliai Wight-sziget ún. *Bembrigde*-flórája. Ennek meglehetősen sok a közös vonása a kisegedivel. Itt is szerepel az *Acrostichum aureum*, a sok *Abelia-virág*, és egy krokodilus maradványa (ilyen maradvány legutóbb a kisegedi rétegekből is előkerült).

Rendkívül gazdag és változatos flórát írtak le Délkelet-Franciaországból, elsősorban Aix környékéről. Hazai alsó oligocénbeli flóráinkkal szemben nagy különbséget jelent, hogy ott a tölgy rokonsága korántsincs olyan mértékben képviselve. A flóra jellege és a környezeti viszonyok meglehetősen azonosaknak látszanak. Nagy tömegben vannak apró- és keskenylevelű, valamint keménylevelű fák és cserjék.

A keménylevelű fák és cserjék Észak-Amerika nyugati részén való nagytömegű megjelenését *Axelrod* annak tulajdonítja, hogy a harmad időszakban egy félszáraz éghajlat alatt a Sierra Madre térségében hosszú időn át működő fajfejlődési központ volt. Hasonló szárazságtűrő elem nálunk is több ízben elsokasodik, és arra következtethetünk, hogy Európában is volt egy a marokkói és spanyol mezeta szélességén fekvő észak-atlanti fajkeletkezési központ. Ez a „száraz-atlanti elem" nálunk az alsó oligocénben és a felső miocénben a legtömegesebb.

Az Eger melletti felső oligocénkori pálmás rétegek

Az alsó oligocénhez hasonlóan a felső oligocént is elég jól tudjuk tanulmányozni hazai ősnövény-leletek alapján. Eger közvetlen szomszédságában, a Wind-féle téglagyár hatalmas agyagbányája területén egymás felett több rétegben roppant gazdagságú növénylelőhely fekszik. Nagy hátránya a lelőhelynek, hogy az agyag erősen morzsálódik, különösen ott, ahol homokosabb, továbbá hogy helyenként a levéllenyomatok olyan mértékben halmozódnak, hogy nehéz az egyes levelek vizsgálata. Ettől eltekintve a szerkezet megőrzése sokszor rendkívül jó, s a lenyomatok körvonalai és erezete a legkisebb részletekig vizsgálható.

Geológusok megállapítása szerint az itteni rétegek közvetlen folytatásai a kisegedi rétegeknek, és azokra konkordánsan települnek. Közben tehát nem történt letarolódás. A közbenső rétegek, amelyek egy része megfelel a Buda környéki kiscelli agyagnak, növénylenyomatokat csak itt-ott szolgáltattak. A Wind-gyári legalsó rétegek mintegy átmenetet alkotnak a kisegedi és a Wind-gyári felsőbb rétegek között —, bár a megegyezőség csak egyes növényfajokra vonatkozik, hiszen ezek az alsó rétegek gazdagságban nagyon elmaradnak egyrészt a kisegedi, másrészt a Wind-gyári felsőbb rétegek mögött. Az alsó rétegek anyaga mindenesetre még nem árul el hőmérséklet emelkedést a kisegedi flórával szemben. Inkább a főlelőhely — a felsőbb rétegek — mutat alsó szintjében olyan flórát, amely gazdagabb trópusi elemekben. Itt hatalmas levelű trópusi fák, párfányok és liánok, feljebb pedig pálmák maradványai fekszenek. Az egymásra rakódott rétegek szemcsenagysága rendkívül változó —, a tengerpart folyton változtatta helyzetét. Ezenkívül azonban az éghajlatban is voltak változások, különösen a csapadékosság szempontjából. Hatalmas, széles levelekkel megrakott rétegekre keskeny levelekkel tömött rétegek következnek. A legfelső rétegekben pedig nagyobb tömegben jelentkeznek a turgáji flóra egyes nemzetségeinek a fajai — juharfák, szilfák és égerek.

A Wind-gyári alsó rétegek átmeneti szakasza után teljesen eltűnnek a *Castanopsis*-levelek, és megjelenik egy észak-amerikai fajokra emlékeztető tölgyfa *(Quercus gigantum)* néhány mélyen osztott, csúcsoskaréjú levele. Utóbb a felsőbb flórában már csak egyes épszélű leveles tölgyfaj maradványai találhatók. Elmaradnak a *Cunoniaceae* család nemzetségei, s vele együtt a déli típusok mind, nem látni többé az *Abelia* és *Hydrangea* család virágcsészéit, amelyek annyira jellemezték a kisegedi flórát. Miután mindezek szubtrópusi elemek, így a szubtrópusi vonás gyengül a trópusi javára. A maradványok közt sok a hüvelytermés; valószínűleg trópusi fák termése. Eltömegesedik a korábban csak gyéren előforduló trópusi *Symplocos*-nemzetség, s vele együtt nagylevelű trópusi fák is jelennek meg.

A páfrányok nagy száma is jellemző a Wind-gyári főlelőhely flórájára. Rendkívül gyakori a *Lastraea oeningensis* nevű páfrány, amelyet fiatalabb rétegekből írtak le. Legérdekesebb páfrány azonban a *Trichomanes radicans* mai fajra emlékeztető maradvány, amely igen kiegyenlített éghajlatra vall.

A pálmák közt legyezőpálmák és szárnyaslevelűek egyaránt előfordultak. Sajnos a *Tuzsonia* néven leírt pálma-torzsavirágzathoz tartozó levelet a növénnyel szerves összefüggésben nem sikerült megtalálni. Csak úgy gyanítjuk, hogy levele legyező alakú volt, mert ilyen levelet találtak a megfelelő rétegben. A pálma magas törzsű volt. Hatalmas hüvelylevelű. Virágzata a cirokseprőre emlékeztető. Kihalt nemzetség, amelynek közeli rokonsága sem ismeretes.

Mivel a kisegedi, illetve Óbuda környéki és a Wind-gyári flórák közt ilyen nagy a különbség, megállapítható, hogy a flórafejlődés nagy lépéseket tett. Hazai viszonylatban nem tudunk köztük egy olyan oligocén-flórát elkülöníteni, amely középső oli-

gocénnek számítana. Az a néhány maradvány, amely Eger környékén a köztes rétegekből előkerült — és amely átmeneti jellegű flórát képvisel —, erre nem alkalmas. Ősállattanilag az Óbuda környéki agyagokat kiscelli agyagnak tekintik, és általában középső oligocén korúnak tartják. Ezek az agyagok nem mindenütt tartalmaznak növénymaradványokat, de ahol igen, ott azok nem különíthetők el az alsó oligocén flórájától. Így ősnövénytanilag nem különböztetünk meg középső oligocén flórát.

A Wind-gyári rétegekkel korban nagyjából megegyezőnek tekintenek egyes salgótarjáni rétegeket, amelyek azonban csak kevés és rossz szerkezetű növénymaradványt rejtegetnek, valamint a csörögi (Vác melletti) flórát. A csörögi flórára jellemző az *Engelhardtia* termésének a tömege. Miután szárnyas termésről van szó, úgy gondoljuk, hogy ezeket a szél, esetleg a víz hozta az eltemetődési helyre.

Az észak-ázsiai oligocén-flórák még határozottan mutatják azt az elkülönülést, amelyet a krétától kezdve figyelhetünk meg az ottani és a közép-európai flórák közt. Gazdagabb flórát írtak le az Asutasz-hegységből, amelyben hiába keresünk pálmákat, babérlevelűeket vagy bármilyen trópusi rokonságú fákat. Teljesen uralkodnak a mai északi mérsékelt öv növényei, elsősorban a barkások (köztük nyírfafélék, bükkfafélék nyárfák, diófafélék, továbbá juharfák és egyéb hidegtűrő elemek). Az ottani oligocénflórákban csak a fenyők közösek a mi oligocén leleteinkkel. Ott is a *Taxodiaceae* család az uralkodó, ennek is a *Taxodium*, a *Sequoia* és a *Glyptostrobus* nemzetsége. Itt a *Sequoia* mellé sorakozik még a *Metasequoia*, amely a harmad időszaki bámulatos elterjedés után annyira megritkult, hogy csak a legutolsó években fedezték fel élő állapotban. Eszerint a fenyők közt nem lehet megkülönböztetni turgáji és poltavaelemeket; azok eloszlása sokáig magában foglalta mindkét flóra birodalmát, mígcsak a harmad időszak végén össze nem szűkült az áreájuk (elterjedésük).

Érdekes, hogy a turgáji flórában a babérfélék közt csak egyetlen nemzetség van meg, — az, amely lombhullató és ma is a legkisebb hőigényű a családban: a *Sassafras*. Nagy elterjedése óta ez is nagyon összehúzódott, mégis megmaradt két elterjedési területen: egy nagyobbon Észak-Amerikában, és egy kisebben Kelet-Ázsiában. Az észak-ázsiai oligocén flórára vonatkozóan még csak annyit jegyzünk meg, hogy nálunk sok faja a felső miocénben terjedt el, ezeket tehát onnan bevándoroltaknak kell tekintenünk. Viszont úgy látszik, hogy amikor a két flóra a miocénben összeköttetésbe került, akkor a poltava-elemek nem nyomultak be a turgáji flóra területére, hanem az éghajlat fokozatos hűvösebbé válásával délkelet felé vonultak el. Dél felé elvonulás nem észlelhető, mert a miocénben a Thetis-tengeren kívül a Szahara sivatagrendszere is gátat vetett a dél felé való terjeszkedésnek.

Harmad időszaki flóránk kapcsolatai a trópusi Afrikával nagyon gyengék. Ez azért érdekes, mert mint láttuk, a Dél-Afrika szubtrópusival való kapcsolat elég szoros. Legszorosabb természetesen Délkelet-Ázsiával. Az elvonulás említett útjára nemcsak az a bizonyítékunk, hogy a mi óharmad időszaki flóránk és a délkelet-ázsiai sokban megegyezik, hanem a vándorútról tanúskodó megfelelő adataink is. A Kaukázustól délre a magas hegylánc védelme alatt a melegkedvelő oligocén elemek sokáig egészen a pliocénig tovább éltek. Ezzel szemben északabbra, pl. az Azovi-tenger környéki felső miocén-flórákból mindezek a növények hiányoznak.

A hazai viszonyokat véve alapul, az oligocén folyamán ugyan nagy változások történtek a flóra összetételében, de a közeledés a jelenlegi állapot felé, azaz a jelenlegi nemzetségek jelentős térhódítása, olyan összetételű erdők kialakulása, mint a maiak az északi szubtrópusi vagy mérsékelt övön, — nem történt meg. A kisegedi flóra taglalásakor megállapítottuk, hogy az a legkülönbözőbb területeken élő fajokkal mutat közösséget, és úgyszólván egyik terület fajaival rokon elemek sem uralkodnak a flórában. Egyúttal nagyok az eltérések a ma nálunk és az oligocénben is elő-for-

duló nemzetségek akkori és mai fajai között. Így az oligocénbeli égerfajok nem a mi égereinkkel mutatnak rokonságot, hanem az ázsiaiakkal, részben pedig ma élő rokonság nélkül állnak. A juharfa-fajok sem az európai fajokkal rokonok, hanem az észak-amerikaiakkal, — az *Acer trilobatum* az *A. rubrum*mal; a leggyakoribb Wind-gyári juharfaj, az *A. hungaricum* az ugyancsak észak-amerikai *A. pennsylvanicum*mal.

Az oligocén-flórák idegen arculatát bizonyos mértékben a *Myrica*-fajok jelentős számának tudhatjuk be. A *Myrica* nemzetség ilyen sok faja sehol egy területen sem él, és nem is vesz részt olyan nagy arányban a növénytakaróban, mint a Wind-gyári flórában. A *Myrica* már az eocénben is jelentős volt. Az oligocén folyamán emelkedik fajszámuk, s legnagyobb változékonyságukat a felső oligocénben érik el. A miocén folyamán még hosszú ideig nagy tömegben hagytak maradványokat, de fajokban egyre szegényebbek lettek, míg végül a felső miocénben — legalábbis hazai területen — hirtelen megritkulnak.

Európából a már említett alsó oligocén-flórákon kívül több egyéb oligocén-flórát is ismertettek. Sajnos, a közöttük levő viszonylagos kor még nem ismeretes kellő biztossággal, így a flórafejlődést belőlük kiolvasni nem lehet, és nem tudjuk őket a hazai flórákkal párhuzamba állítani. A *Castanopsis*-flórát, amely pollenanalitikailag sok hüvelyest is magába foglal, Németországban a felső oligocénbe helyezik. Ezzel szemben a mi felső oligocén-flóránk amellett, hogy rengeteg hüvelyest foglal magába, már sokkal gyérebben tartalmaz *Castanopsis*-maradványokat. Ez a nemzetség alsó oligocénbeli uralma után úgyszólván eltűnik a flórából. Ezzel szemben az alsó oligocénben pálmaflórát mutattak ki, míg nálunk a pálmák a felső oligocénben gyakoribbak, sőt mint látni fogjuk, arányszámuk az alsó miocénben még növekszik.

Megindul a mai flóra és vegetáció kialakulása

A miocén az a kor, amelyben a flórák nagy keveredése kezd csökkenni, s az egyes területeken olyan növény-együttesek kezdenek kialakulni, amilyeneket Földünkön ma megfigyelhetünk. Az eddigi flórák vagy annyi kihalt típust foglaltak magukban, hogy a növénytakaró faji összetétele és arculata teljesen elütött bármelyik terület mai növényzetétől, vagy annyira különböző elemekből tevődött össze, hogy nem lehetett egy bizonyos terület mai flórájával lényeges megegyezéseket találni.

A miocénben a flórafejlődés gyorsan halad. Ez a haladás nagyjából egyvonalú. Kezdetben fokozatos, a felső miocénben elég rohamos lehűlés és a szélsőségek emelkedése figyelhető meg. A miocén eleji meleg szubtrópusi éghajlatot a középső miocén végére közepesen meleg szubtrópusi, a miocén végén pedig már meleg-mérsékelt éghajlat váltja fel. A flóra összetételében ezzel kapcsolatban egyre inkább az északabbi területek mai flórájával alakul ki hasonlatosság. A vegetációban, tehát a növénytakaró arculatában és ökológiai sajátságaiban ugyancsak nagy a fejlődés, mert kezdenek határozott összetételű társulások kifejlődni, illetve a növénytakaró a helyi adottságoknak megfelelően kezd ilyenekre tagolódni. Ez kapcsolatban van azzal, hogy az egyes lelőhelyek növényzetében — ha az csak egy vagy kevés ilyen társulásból őrzött meg növénymaradványokat — faji elszegényedés kezdődik, és a növényegyüttes egyre inkább egyöntetű képet kezd felvenni. A társulás-fejlődés a miocén végére annyira halad, hogy az erdő lombkorona-szintjében egy vagy néhány faj jut uralomra. Ez először legfőképpen a láp-és ligeterdőkön látszik, de később átterjed a száraz talajú erdőkre is.

Valószínűleg a miocén az a kor, amelyben a mai füves társulások kialakulnak, és

akár az éghajlati, akár a domborzati viszonyoknak megfelelően önállókká lesznek. A vízi füves társulásokon, nádasokon, sásos területeken kívül — sajnos — nincsenek kézzelfogható adataink az éghajlatilag fátlan társulásokról, mert e helyeken nem voltak meg a kedvező betemetődési lehetőségek. De így is több flórának az arculata annyira kimutatja az éghajlat száraz voltát, hogy további szárazodás esetén akár időbelileg, akár térbelileg állt is az be, már fátlan pusztai társulásoknak kellett kialakulniuk. Ilyen társulásokat főleg a tortonban (a középső miocén felső szakaszában) észlelhetünk. Kétségtelen azonban, hogy a felső miocénben is voltak az északi mérsékelt övön olyan belső szárazföldi területek, ahol sztyepp-éghajlat uralkodott. Ilyen éghajlatot azonban hazai flórák alapján nem tudunk kimutatni.

Mint már említettük, a határozott összetételű növénytársulás kialakulásának feltétele, hogy a fajok környezet-igénye bizonyos mértékig rögzüljön. Olyan esetekben, ahol és amikor a fajkeletkezés illetve a fajoknak más területekről való beözönlése nagyobb mértéket ölt, — határozott összetételű társulások kevésbé alakulnak ki, sőt az új elemek beözönlése a kifejlődött társulásokat mintegy szétzülleszti. A miocén folyamán hosszabb szakaszokon át volt intenzív tűzhányó tevékenység, ami nagy területek növénytakaróját megsemmisítette, s itt a társulásoknak újjá kellett fejlődniük. A miocénben világos szakaszosság észlelhető. A társulás-fejlődést annak rombolása váltja fel. Erre a felső miocén tárgyalása folyamán még ki fogunk térni.

A miocénből már alig ismerünk olyan nemzetségeket, amelyek ma ne élnének; a fajok közt azonban sok ilyen van. Európában sok olyan nemzetség, sőt család játszott fontos szerepet a harmad időszak folyamán, több esetben úgyszólván az egész harmad időszakon végig, amely ma teljesen hiányzik Európa flórájából. Ilyen család a *Taxodiaceae* (mocsárciprus-félék) családja, amely a miocénben az összes fenyőcsalád közül a legnagyobb elterjedésű volt. Ilyen maga a *Ginkgo* is, továbbá a trópusi családok egész sora: a *Sapindaceae*, a *Meliaceae*, a *Sterculiaceae*, az *Anonaceae*. Ilyen a csekélyebb meleg-igényű családok közül számos monotipikus család is, amelynek ma egyetlen nemzetsége és egyetlen faja él, pl. az *Eucommiaceae*, a *Cercidiphyllaceae*, a nagyobb fajszámú családok közül a liliomfafélék *(Magnoliaceae)*. Más családok pedig eltűntek a mérsékelt övi Európából, és csak Dél-Európában maradnak képviselői, pl. a babérfélék *(Lauraceae)*, az ébenfafélék *(Ebenaceae)*, a *Styracaceae* stb.

Általános felfogás, hogy ezt a sok családot és még több nemzetséget a jégkorszakban bekövetkezett lehűlés pusztította ki Európából. Igen sok nemzetségre, sőt családra azonban nem tudjuk ezt elképzelni. Egyes magasabb hőigényűek, amelyek nem is viselnek el tetemes szélsőségeket, megmaradtak Dél-Európában. Így pl. a babérfélék közül maga a babér *(Laurus nobilis)* ma is él a Földközi-tenger vidékén, de nem él e családnak *(Lauraceae)* a legkisebb hőigényű nemzetsége, amely egyúttal a legnagyobb szélsőségeket is elviseli: a *Sassafras*. Ez a miocénben még hazánk mai területén sokfelé el volt terjedve, ma pedig Európából tökéletesen eltűnt. Összehúzódása tehát semmi esertre sem az éghajlat hatására történt, hanem spontán elöregedés következtében. Számos ilyen példát tudnánk felhozni. A nemzetségek, fajok elöregedése nagy szerepet játszott elterjedésük összeszűkülésében, sőt végleges eltűnésükben.

Valamely faj éghajlati igényére olyan ismérvekből is szoktak következtetni, hogy az kultúrában (telepítésben) bizonyos éghajlat alatt megél. Rengeteg olyan faj van nálunk kultúrában, melyek a harmad időszakban itt éltek, viszont ma csak idegen földön, leginkább Elő-Ázsiában, Kelet-Ázsiában vagy Észak-Amerikában honosak. Ezek egy része a faj elöregedése miatt tűnt el a mi területünkről. Sok van azonban olyan, amely kultúrában valóban télálló, de hasonló éghajlat alatt nem tudja felvenni a versenyt a létért való küzdelemben. A kultúrával — amellyel a növényt mentesít-

jük más növényekkel való küzdelem alól — a növény éghajlati határát egy bizonyos fokig ki tudjuk tolni. Az ilyen hideghatár azonban nem természetes. A harmad időszaki növények éghajlati igényének megítéléséhez csak olyan helyek éghajlatai adatait tekinthetjük érvényesnek, ahol az illető növény — kitéve a többi növény konkurrenciájának — természetes környezetben is életképes.

Ha tehát meg akarjuk állapítani egy fosszilis-flóra eredeti éghajlatát, ezt csak az összes akkor ott élt növény ilyen adataiból számíthatjuk ki. Amennyiben az illető növényfaj már nem él, — mai legközelebbi rokonának éghajlati igényét állítjuk be, természetesen bizonyos fenntartással. Csak olyan éghajlat fogadható el valamely földtörténeti korra nézve, amelyben az összes akkor élt növény nemcsak meg tudott élni, hanem a létért való küzdelemben is megállhatta a helyét.

A miocén folyamán négy éghajlati tényező változásait figyelhetjük meg, amelyek lényeges befolyást gyakorolnak a növényzetre, annak életforma-összetételére és arculatára. Ezek: az évi átlagos hőmérséklet, annak periodicitása, tehát ingadozása, a csapadék mennyisége és annak eloszlása, — tehát az éghajlat jellege. Most kísérjük figyelemmel ezeknek a tényezőknek a befolyását a miocén növényzetére.

Az évi átlagos hőmérséklet kezdetben néhány fokkal magasabb lehetett, mint a miocén végén. Ez kitett mintegy 5—6 C°-ot. A mai éghajlatban ilyen különbségek hasonló éghajlati jelleg mellett korántsem okoznak olyan nagy eltéréseket a növénytakaróban, mint amilyenek a miocén eleji és a miocén végi növényzetben kimutathatók. Ez kb. Budapest és Stockholm évi átlagos hőmérsékleti különbségének felel meg. Mindkét város a lombhullató tölgyesek övébe esik, de még a legmelegebb és leghidegebb hónap átlaghőmérséklete közti különbséget jelentő átlagos ingadozások sem adnak kellő támpontot a növénytakaró megítéléséhez. Így pl. Tokió átlaghőmérséklete 13,4 C°; az évi ingadozás 22 C°. A város az északi szélesség 35 és 36-ik szélességi foka közt fekszik. Ezzel szemben Észak-Amerikában hasonló szélességen a Tennessee állambeli Chattanooga évi átlagos hőmérséklete 15,8 C°, évi ingadozás pedig 20,5 C°. Ennek ellenére Chattanooga a lombhullató, Tokió viszont az örökzöld babérlevelű erdők övében fekszik. Ez az anomália azonnal magyarázatot nyer, ha az abszolút — tehát ritkán, de időnként mégis beálló — legalacsonyabb hőmérsékletet vesszük figyelembe. Ugyanis Tokióban nem mértek — 6,9 C°-nál alacsonyabb hőmérsékletet. Chattanoogában pedig a hőmérő olykor (bármilyen ritkán is) —23,3 C°-ra is lesüllyed. Ezek a ritkán beköszöntő szélsőségek ütik rá a bélyeget az erdő jellegére.

Hasonló a helyzet a csapadék mennyisége szempontjából. Ismerünk e tekintetben rendkívül nagy különbségeket, amelyek nem okoznak nagy eltéréseket a növénytakaróban. Kétségtelen, hogy a szárazabb éghajlaton a növénytakaró kevésbé buja, de ugyanakkor mindig változatosabb. Ez is azzal van összefüggésben, hogy a szárazság a növények változékonyságának egyik legfontosabb előmozdítója. A csapadék mennyiségének extrémjei (szélsőséges értékei) sem látszanak meg az erdők lombtípusában. A növénytakaró-típus a csapadék eloszlásának a függvénye, különösen, amikor a csapadék szakaszossága a hőmérsékleti viszonyokkal együtt meghatározott jelleget jölcsönöz az éghajlatnak.

Az eső eloszlásának három típusa a miocén folyamán három lombtípussal van szorosabb kapcsolatban. A kiegyenlített éghajlat alatt egyenletes esőeloszlással a babérlevelű fák jutnak előtérbe. A téli esőmaximum elég szorosan összefügg a keménylevelő örökzöld lombtípussal, s a nyári esőzések — amennyiben nagyobb ingadozásokkal és hőmérsékleti szélsőségekkel vannak összekötve — a nyáron zöld lombhullató erdőknek kedveznek. Arra, hogy lett volna olyan éghajlat a miocén folyamán, amelyben a száraz évszak mereven elválik az esóstől és olyan erdők alakultak volna ki, amelyek a nedves évszakban lombosak, a száraz évszakban pedig lombtalanok (mon-

szun-erdők), nincsenek bizonyító adataink. Ha elő is fordult a monszun levéltípus, — alárendelt szerepet játszott. A miocén, lehet hogy egészen a végéig megőrzött bizonyos trópusi vonást abban, hogy a kisebb hőmérséklet-igényű trópusi rokonságú fák olykor meglehetősen jelentős mennyiségben maradtak meg az erdőben. A különböző szinteknek ebből a szempontból való tanulmányozása is arra vall, hogy a flóra átalakulása a felső szintekben indul meg, így legelőször a lombkorona-szint változik meg, és onnan tart az átalakulás az alacsonyabb szintek felé. A trópusi rokonságú elemek és az örökzöld babérlevelűek a cserjeszintben lényegesen tovább maradtak fenn, mint a lombkorona-szintben. A legtovább a lágyszárú növények szintje örzött meg trópusi növényeket, mint pl. a felsőtárkányi flórában található banánfélét (*Musophyllum tárkányense).*

A nagyon magas hőmérséklet, így pl. az abszolút maximumok önmagukban nem befolyásolják a növények elterjedését. Még a hidegtűrő fák sem érzékenyek olyan mértékben a magas hőfok iránt, hogy ez elterjedésükben korlátozná őket — mindaddig, amíg a magas hőfok a vízgazdálkodási egyensúlyt meg nem bontja. A növény párologtatása a hőmérséklet emelkedésével fokozott mértékben növekszik, viszont fordítva arányos a levegő páratartalmával. Azt a különbséget a páratartalomban, ami a minden hőmérsékleten fennálló teljes telítettségi százalék és a tényleges páratartalom közt található, telítettségi hiánynak nevezzük. Ez a hőmérséklet emelkedésével növekszik, s ezzel párhuzamosan a növény kétszeresen többet párologtat. Tehát a telítettségi hiánynak a mértéke roppant erős hatást gyakorol a növényi életre. Annyira fokozhatja a növény párologtatását, hogy az végül is nem képes a vízveszteséget pótolni. Forró, száraz nyárban alakul ki hosszú tartamú telítettségi hiány, amely a különböző növényekre különbözőképpen hat, és sok növény nem bírja azt elviselni. Ezek a növényfajok az ilyen éghajlatú területen megritkulnak vagy kihalnak. A telítettségi hiány természetesen az egész növénytakaróra lényeges befolyással van. Sokszor megritkítja a fás állományokat, vagy a fatenyészetet egészen lehetetlenné teszi. Különösen a babérlevelű örökzöldek, sok nagylevelű magas termetű lombhullató lombosfa, sőt sok fenyő nem marad meg az olyan éghajlaton, amelyben nyáron erős telítettségi hiány alakul ki. A lombosfák közül éppen a keménylevelű örökzöldek viselik el a legjobban az aszályos nyarat. Ezért van az, hogy a téli esőmaximumú éghajlat a keménylevelű erdőknek kedvez.

A hőmérséklet szempontjából tehát elsősorban az abszolút minimumok, nedvesség szempontjából pedig a telítettségi hiány foka azok a tényezők, amelyek — bár az általánosan megadott éghajlati adatok közt kevéssé látszanak fontosaknak — a leginkább határt szabnak egyes fanemek elterjedésének. A miocén éghajlatában ezek hatása nem mutatkozik meg azonnal. Az alsó miocénben és a középső miocén alsó szakaszában, a helvéti emeletben a nyár már erősen kidomborodott, de nem volt esőtlen, sőt gyenge nyári esőmaximum alakulhatott ki. A tél nem volt kemény, noha már igen sok lombhullató elemet hozott be a flórába. Az abszolút minimumok nem voltak kiugrók. A középső miocén felső szakaszában, a tortonban az éghajlati jelleg téli esőmaximumú volt, de a nyári aszályt bizonyos mértékben tompította egyrészt a kiegyenlített hőmérséklet, tehát a nem forró nyár, másrészt a magas légnedvesség. Az éghajlat hasonló lehetett a Kanári-szigetek éghajlatához. Ez a korábban uralkodó babérlevelű típust nem űzte el egészen, de a faállományokat megritkította, és elősegítette a keménylevelű örökzöldek terjedését. A felső miocén elején a nyári aszályosság fokozódott, a telítettségi hiány sok babérlevelű fanemet űzött ki a flórából, és a keménylevelűeket segítette uralomra. A téli esőmaximumú éghajlati jelleg és ezzel a nyári telítettségi hiány csökkenésével visszatértek a babérlevelűek, és sok nagylevelű lombhullató terjedt el. A miocén végén bizonyos ingadozást látunk a flórajellegben.

Az átlaghőmérséklet nem süllyedt annyira, hogy ez a babérlevelűekre káros hatással lett volna, s hogy ezek mégis visszaszorulnak, azt az abszolút minimumok erősödésének kell betudnunk. Ekkor a lombhullató fák abszolút dominánssá válnak.

A miocén előtt Európában — az északi részeket kivéve, ahol kezdettől fogva eltérő flóra uralkodott — a növényzetben nem látunk határozott övi elhelyezkedést. A miocénben kezd ilyen zóna szerinti elhelyezkedés (zonáció) kifejlődni, és a miocén vége táján meg lehet figyelni a dél felé való eltolódást. Az olyan flóra, amely a középső miocénben a Kárpátoktól északra volt kifejlődve, — a felső miocénben a Kárpátoktól délre tolódott el. Természetesen az ilyen övi elhelyezkedésben nagy töréseket idézett elő az európai lánchegységek felemelkedése. A flórák vonulási irányát legszebben mégis az mutatja, hogy a felső miocén elején hazánk területén élt flórát jelenleg a Kelet-mediterránban látjuk kifejlődve. Az éghajlati jellegek, amelyekről az előzőkben szóltunk, különbözőképpen mutatkoznak Európában aszerint, hogy a terület milyen messzire feküdt a nagy nyílt tengerfelületektől. A kép akkor is általában ugyanaz kellett hogy legyen, mint jelenleg: nyugaton kiegyenlítettebb éghajlat uralkodott, csekélyebb abszolút minimumokkal, és nyáron gyengébb telítettségi hiánnyal. Ez okozta, hogy Európában különböző flórák helyezkedtek el mozaikszerűen egymás mellett, egy és ugyanazon a helyen pedig sűrűn váltották egymást. Így a miocén az összes harmad időszaki kor között a legmozgalmasabb volt, és akkor zajlottak le a legnagyonbb átalakulások a mai növényzet felé.

A miocén-flóra történetének mozgalmasságát közép-európai viszonylatban emeli az, hogy a turgáji flóra kapcsolatba lépett vele és elözönlötte, amivel az egész flóra arculatát átalakította.

Az alsó miocén növényzete

A Wind-gyári rétegekben talált tengeri állatmaradványok vizsgálata több kutató szerint azt bizonyítja, hogy ezek a rétegek már a miocén elején az ún. akvitánban rakódtak le. Az akvitán emelet vándoremelet, — részben az oligocénbe, részben a miocénbe, újabban inkább ez utóbbi korba, annak legalsó emeletéül állítják be. Mi a Wind-gyári flórát az állatvilágtól függetlenül felső oligocénkorinak tartjuk, mert sokkal nagyobb különbséget látunk ősnövénytani szempontból a következő (alsó miocén), mint a megelőző (kétségtelenül oligocén) flórák irányában. Külön akvitán flórát pedig hazai viszonylatban ősnövény-maradványok alapján elválasztani nem tudunk.

Az akvitánra következő burdigáli emelet flóráját a híres Nógrád megyei ipolytarnóci flóra és számos barna kőszéntelep képviseli. Ipolytarnócról már régen ismeretes az ún. tarnóci kövült fa, amelyről már *Humboldt* is említést tesz, valamint az ősemlős lábnyomos homokkő. Ezenkívül sok további kovásodott fatörzs és igen jó állapotú gazdag flórát tartalmazó tufarétegek alkotják a nevezetes ipolytarnóci flórát. Ezért a Természetvédelmi Tanács az egész ősmaradványos területet védetté nyilvánította.

Sajnos mindeddig nem ismerjük ezt a flórát annyira, hogy megfelelően elemezhessük. Éghajlatáról annyit megállapíthatunk, hogy meleg szubtrópusi volt, amelyben még megvoltak elég nagyszámú trópusi elem életlehetőségei. A páfrányok közt nevezetes egy nagyon kiegyenlített éghajlatot igénylő típus, a *Woodwardia*, amely nem kimondottan trópusi, inkább kiegyenlített szubtrópusi. A fenyők közül gyakori a *Libocedrus*, valamint nevezetes a hatalmas *Pinus tarnocziensis* kovásodott törzse. Ez

eredetileg 45 méter hosszan feküdt, tehát óriásfa volt. *Tuzson János* vizsgálatai felderítették a törzs szerkezetét, amelyet a kovásodás kitűnően megőrzött, s amely leginkább az észak-amerikai lambert-fenyőhöz *(Pinus lambertiana)* hasonlít.

Legnagyobb tömegben kétszikű fák nyomai maradtak meg. Ezek uralkodóan babérlevelűek, de aránylag tekintélyes a nagylevelű lombhullató fák, köztük a liliomfák *(Magnolia)* száma is. Apró keskenylevelűek leginkább azok, amelyek a szömörcefélék *(Anacardiaceae)* családjába tartoznak. Úgy látszik, hogy hazai viszonylatban az eocén-flórák után ez a flóra volt pálmákban a leggazdagabb, s az átlaghőmérséklet sem volt alacsonyabb, mint a Wind-gyári flóra legmelegebb szakaszáé. Ennek beható kutatása azonban még hiányzik. A vízfolyások mentén ligeterdők fanemei nőttek, amelyek mérsékelt övi lombhullatók voltak (elsősorban *Pterocarya*).

Hazánkban az ipolytarnóci flóra az első és legrégibb, amely vulkáni tufába van beágyazódva. Ez a tufa azonban a barna kőszénrétegeknek a feküjében fekszik, amelyek Salgótarjántól Egercsehin keresztül a Sajó-völgyig húzódnak és amelyeket sok szénbányában fejtenek. Ezek a rétegek is burdigáliak, s egyes vélemények szerint nyugatról kelet felé egyre fiatalabbak. A szerkezettel bíró elszenesedett törzsek vizsgálata, valamint a pollenanalízis arról tanúskodnak, hogy a kőszenek elsősorban a *Taxodiaceae* családba tartozó fenyők törzséből valók. Így e tekintetben a harmad időszakon keresztül nem tapasztalunk változást, mert mint látni fogjuk, ezekből az elemekből állt a torton és a felső pannonban képződött barna kőszenek anyagát szolgáltató erdő is. A burdigáli emelet fiatalabb szakaszában tehát hatalmas medencék alakultak ki részben mocsárerdőkkel, részben mocsárcserjésekkel fedve. Ezeket leginkább *Glyptostrobus* és *Taxodium* alkotta. Ezeket a mocsarakat körülvette egy óriásfákból álló, még mindig nedves, de már nem mocsaras, mély talajú erdőrengeteg, amelynek vezér-faneme a vörösfa (*Sequoia sempervirens* fosszilis alakja, a *S. langsdorfii*) volt.

A mocsárciprus-félékről már megállapítottuk, hogy erősen kiegyenlített éghajlatot igényeltek, bár hőmérsékleti igényük nem volt magas. Mindenesetre a hőmérséklet csak nagy ritkán szállt le 0 C° alá, nyáron pedig a telítettségi hiány elenyésző volt. A három említett fanem az éghajlat jellege, azaz az esőeloszlás iránt nem volt érzékeny, hiszen nedves talaját tekintve sohasem szomjazott. Mindhárom fanem ma különböző esőeloszlású területen él: a *Sequoia* téli esőmaximumú, a *Taxodium* egyenletes esőelosztású, a *Glyptostrobus* gyenge nyári esőmaximumú éghajlaton. Együttélésük és az a körülmény, hogy mindhárom fanem hosszú korokon keresztül a zárvatermők teljes kicserélődése ellenére is egyfolytában élt nálunk — bizonyítják, hogy nem lehet őket felhasználni az esőeloszlás megállapítására.

A burdigáli emeletből van flóránk történetében első adatunk a tiszafáról *(Taxus)*: egy félig szenesedett, félig kovásodott törzsdarab a Borsod megyei Királdról. A tiszafa törzsszerkezetét könnyű a fenyők közt felismerni, mert tracheidái csavarvonalban vastagodottak. A tiszafa az északi mérsékelt öv fenyője, amely mindenütt kiegyenlített éghajlatot kíván, s ennek megfelelően bélsugársejtjeinek érintő falai simák.

A hazánkon kívüli területek alsó miocén-flóráiról külön nem emlékezünk meg, hiszen — mint említettük — az egyidejűség megállapítása bonyolult kérdés. Tehát majd a hazai miocén letárgyalása után fogunk róluk szólni. Egyet azonban már most megemlítünk, hogy Nagy-Britanniában a miocén rétegek hiányoznak.

A középső miocén növényzete

A középső miocén két emelete közül az alsó, a helvéti emelet a burdigálihoz képest flórafejlődésben nem hozott nagyobb változást. Annyi mégis komoly lehetőségeket kezd nyújtani a flórák helyes megítéléséhez, hogy lényegesen jobban tudjuk a helvéti flórákat jelenlegi flórákkal összevetni, mint a korábbiakat. Különösen a gazdag észak-mecseki flórákra érvényes ez. Magyaregregy község határában és környékén több helyen feltárták a helvéti növényes réteget. Ilyen lelőhelyek a Farkasordító, a Leánykői árok, az Almás-árok stb. Leginkább dacittufába beágyazva fekszenek itt a növénymaradványok. A magyaregregyi flóra-együttes egyes lelőhelyei közt megfigyelhetők bizonyos különbségek, de ezekre nem térhetünk ki, hanem a flórát általánosságban igyekszünk jellemezni.

Kiterjedt lápvilág alakult itt ki, amelyben *Glyptostrobus* és *Myrica*-fajok alkottak lápi cserjéseket. A *Glyptostrobus* ma hazájában, Dél-Kínában lápi cserje, botanikuskertekben azonban fává nő. Egyes felső miocéni lelőhelyekről vastagabb törzseit ismerjük, ahol tehát régen inkább fatermetű volt. Arra azonban nincsen támpontunk, hogy Magyaregregyen milyen magasra nőtt. A lápon kívül ligeterdőket is lehet megkülönböztetni. Ezekben meglehetősen nagy szerepet játszott az ámbrafa *(Liquidambar)*, amely itt kezd feltűnni, s a harmad időszak végéig fontos óriásfája volt ligeterdőinknek.

A száraztalajú erdők igen nagy fajgazdagságot és változatosságot szemléltetnek. Trópusi liánoktól és fanemű hüvelyesektől kezdve az összes hőmérséklet fái megtalálhatók, így juharfák és tölgyek is. Itt találjuk hazánkban a keménylevelű tölgyek első nyomát, s itt találkozunk a *Podogonium* nevű, kétszer szárnyalt levelű hüvelyes fával is. Minden valószínűség szerint monszun éghajlaton élő fanem volt, amely azonban lassan átvedlett nyáron zöld lombosfává. Nálunk — helvéti megjelenése után — a tortonban élte fénykorát, a szarmata alsó szintjében még tovább élt. Mindenesetre szárazságtűrő típus volt, mert a legszárazabb harmad időszaki emeletünkben, a tortonban volt a legtömegesebb. Hüvelye egymagvú, valószínűleg nem felnyíló volt, mert sok olyan hüvelymaradványt találni, amelyből a mag nyomás következtében éppen kicsúszóban van. Egy másik ilyen egymagvú, fel nem nyíló mecseki hüvelytípus a *Leguminocarpum mecsekense*. A szárazabb talajon kialakult erdő legtöbb faneme mégis a babérlevelű lomptípushoz tartozott. Erre mutat az igen sok *Cinnamomum* maradvány. De sok a lombhullató fa is. Ezek egy része vízparti lehetett, más fajok magasabb helyekről kerültek a rétegbe; egy részük azonban kétségtelenül együttélt a melegebb égöviekkel. A keveredés még nagy volt.

Végigtekintve a gyakoribb maradványok során, igen nagyfokú a hasonlatosság a Csangcsiang (Jangce-kiang) folyó déli mellékfolyóinak völgyeiben és a környező magaslatokon élő mai növényzettel. A mecseki helvéti flóra nagyobb hőigényű fajai itt az alacsonyabb tájakon, a hidegtűrő fajok rokonsága pedig a magaslatokon, mintegy 3000 m magasságig találhatók. A flóra Kínában magaslati övekre különül, míg ugyanaz a széles ökológiai skálájú flóra Magyaregregyen maradványaiban együtt fordul elő —, tehát feltétlenül kisebb magasság-különbségben éltek összes fajai. A kiegyenlítettebb éghajlat — amelyet sok ismérvből következtetve kell feltételeznünk — a mecseki flórában mintegy közelebb hozta a különböző éghajlati igényűeket, a szélsőségesebb mai dél-kínai éghajlat pedig szétválasztja őket. A fajok ökológiai igények szerint való csoportosulása nagyobb évi ingadozások mellett mindig pregnánsabb, mint kiegyenlített éghajlat alatt. Erre a mai növénytakaróban számtalan példát találunk. Elég azonban csak arra hivatkoznunk, hogy az örökzöld lombosfák északi határa és a lombhullató erdők északi határa Nyugat-Európában csaknem egybeesik.

Írország délnyugati részén még látunk úgyszólván fává növő örökzöldeket, mint az *Arbutus unedo*, a szamócafa, míg a fatenyészet abszolút hideghatára Skócia és a Faeröer-szigetek közé esik. Ez 8 szélességi fokot tesz ki. Az örökzöldek tehát itt csaknem mindenütt keverednek a lombhullatókkal. A Tűzföldön egybeesik a két lombtípus sarki határa. Ezzel szemben Ázsiában az örökzöldek északi határát az abszolút fahatártól több, mint 25 szélességi fok választja el.

Bármilyen azonban a faji rokonság a mecseki helvéti és a megadott kelet-ázsiai terület mai flórája közt, a fosszilis flóra észak-amerikai elemeket is tartalmaz, sőt már a mai földközi-tengeri flórával közel rokonfajok is feltűnnek. Ezenkívül még sok olyan trópusi elem is élt a mecseki helvéti flórában, amelyek ma nem érik el a kínai területet. A *Cinnamomum* a Mecsekben rengeteg maradványt hagyott vissza. A megadott kínai területen ez a nemzetség már nem él tömegesen, és északi határa nem messze tőle északra esik.

A mecseki helvéti éghajlatot kiegyenlített meleg szubtrópusinak kell tekintenünk, amelynek átlagos hőmérséklete 20 C° alatt volt, évi ingadozása pedig mintegy 15 C°-ot tett ki, ehhez a hőmérséklethez viszonyítva nem magas csapadékmennyiség társult, amit a mecseki levelek csekély méreteiből olvashatunk ki. Az évi csapadék 1500 mm-re tehető; a burdigáli flóra éghajlatánál valamivel hűvösebb és talán szárazabb is volt. A csapadék eloszlása — ha a megadott kínai éghajlatot vesszük alapul — gyenge nyári esőmaximumú lehetett.

A mecseki flórákon kívül a helvéti emeletből további lelőhelyeket ismerünk Eger közeléből, Tihamértól Andornaktályáig. Itt a maradványok diatomaföldben (kovaföldben) vagy riolittufában fekszenek. Ez a riolittufa réteg már a Wind-gyári rétegek felett megjelenik, s azokra diszkordánsan (egyenetlenül) települ, ami időközben történt letarolódásra mutat. A korkülönbség tehát nyilvánvalóan elég nagy. A flóra fajokban sokkal szegényebb, mint a mecseki, és sokkal kevésbé változatos, mégis nyújt néhány érdekességet. Innen származik a *Platycerium* egyetlen maradványa hazánkból. Ez fánlakó páfrány, amely a trópusokon van elterjedve, s amelynek meddőlevelei fecskefészekszerűen a fatörzshöz simulnak. Ilyen meddőlevél-maradvány került elő Andornaktályáról. Egy másik érdekes páfrány a *Lygodium*. Trópuson kívüli felfutó páfrány közeli rokonának látszik. További jelentős lelet a tulipánfa *(Liriodendron)* résztermése. Ilyen kis hőigényű fa minden valószínűség szerint nem mezei tájon, hanem magaslatokon nőtt. Így ezen a területen abban az időben erősebb szintkülönbségeket kell feltételeznünk.

Az Eger—Tihamér—Andornaktálya-i flórában a lápi növénytársulások jól elkülönülnek a szárazabb talajú erdőktől. Az előbbiekből hiányzott a *Glyptostrobus*, de nagy tömegben voltak *Myrica*-fajok, a ligeterdőket pedig főként az égerfa alkotta. A száraz talajú erdőkben a babérlevelűek uralkodtak, de több lombhullató, sőt egy-két keménylevelű fanem is társult hozzájuk. Az éghajlat a mecsekinél szárazabb volt.

Ebben az időben — egyes vélemények szerint inkább a tortonban, mint a helvétiben — a Dunántúl több pontján kiterjedt barna kőszénrétegek képződtek. Helyenként a fatörzsek olyan csekély mértékben szenesedtek, hogy fűrészelhetők. Ezek megtartották szerkezetüket, amelyből jól meghatározhatók. Kimutatták, hogy a barna kőszén alkotásában legfőképpen a *Taxodiaceae* három nemzetsége vett részt: a *Sequoia*, a *Taxodium* és a *Glyptostrobus*. Ezekhez néhány lombosfa (nyírfa), sőt egy pálma is járult. A kőszéntelepek egy részéről megállapították, hogy a törzsek uszadékfaként kerültek a medencébe, ahol a szénképződés folyt.

A helvéti emeleten át fokozatos szárazodást lehet megállapítani, amely a tortonban olyan fokot ért el, hogy a babérlevelű fák a nyári telítettségi hiány következtében (amit ugyan enyhített az állandóan magas légnedvesség) megritkultak és közéjük

babérlevelű cserjék nyomultak be nagy mennyiségben. Ezek közt a cserjék közt különösen a *Myrsinaceae* család játszott fontos szerepet. A levelek következetesen bőrneműek és aprók, legfeljebb középnagyok. A torton lehetett nálunk a harmad időszak folyamán a legszárazabb szakasz. Ekkor az éghajlat átlépte a babérlevelű zárt szálerdők szárazsági határát. A csekély nedvesség csak ritkás fás állományokat és cserjéseket engedett meg. Ez a szárazsági határ nem vonatkozik a babérlevelű erdőkhöz kapcsolt fenyőerdőkre, amelyek megfelelően nedves talaj esetén ezután is alkottak zárt erdőket. A babérlevelű cserjéseknek ez lehetett a fénykora — bár a szarmata egyes szakaszaiban, illetve egyes területeken, sőt a rákövetkező pannonban is fogunk még babérlevelű cserjésekkel találkozni. Az esőeloszlás téli maximumú volt, az évi ingadozás azonban rendkívül alacsony. Így a keménylevelű fák kialakulása folyt ugyan, de még nem jutott odáig, hogy a növénytakaró jellegére rásüsse a bélyegét.

Hazai területen több szegényes torton-flórát ismerünk: a Szurdokpüspökit, amely diatómaföldbe van beágyazva, és a Gyöngyöspatait, amelynek rétegei elkovásodtak. Mindkét lelőhely a Mátra vidékén fekszik; a maradványok édesvízi és csökkent sósvízi laguna üledékében vannak. Szurdokpüspökin a faleveleken és terméseken kívül vörösmoszatok maradványai is fekszenek a diatómaföldben. Ebben a két flórában találjuk legnagyobb százalékban a *Podogonium knorriit*, valamint a *Myrsine* és rokonnemzetségeinek fajait. Ezek a flórák a torton emelet felső szakaszából valók, tehát a középső miocén legvégéről. További torton-flóra a sajómercse-körtésvölgyi Észak-Borsodban, és a parasapusztai a Börzsöny hegységben. Ugyanonnan, Hont mellől származik egy érdekes fenyőfaj *(Pinus palaeoponderosa)* tobozának több lenyomata.

A tortonra következő szarmata emelet hazai viszonylatban a legjobban átkutatott. Lelőhelyei gazdagok és úgyszólván megszakítatlan sorozatot alkotnak.

A felső miocén növényi képe

A felső miocén vagy szarmata emelet, amint a neve is mutatja, legteljesebb földtani és ősállattani kifejlődését Dél-Oroszországban éri el. Flórája mégis hazánkban maradt meg a legteljesebben. A lelőhelyek rétegei olyan szép sorozatban következnek egymásra, hogy a flóra fejlődését, a növénytakaró mindenkori arculatát, annak változásait és az éghajlat történetét a maga teljességében ki tudjuk olvasni.

A hazai szarmata lelőhelyek Nógrád megyétől Zemplén megyéig fekszenek s a maradványok a legkülönbözőbb kőzetekbe, agyagba, tufába, homokkőbe, vagy iszapba vannak beágyazódva. Kőszénképződést csak minimális mértékben lehet egyes lelőhelyeken megfigyelni. A szarmatakorú rétegek — a legrégibbeket kivéve, amelyek tengeri üledékek — édesvíziek, így ősállattanilag ezeket korra megítélni nem lehet.Ez a kor-, illetve szintmegállapítás az ősnövénytan feladatává vált.

A szarmata éghajlatot a következőképpen vázolhatjuk. Kezdetben típusos mediterrán szubtrópusi éghajlat uralkodott, amelyet mintegy 17 C° évi átlagos hőmérséklet és évi 800—900 mm, zömmel a téli hónapokban hullott csapadék jellemzett. A nyár száraz és forró volt. Ebből az időből származnak a Zempléni-hegységből, elsősorban a Tokaj vidékéről való szarmata-flóráink. Azután gyengült a mediterrán jelleg, a nyár is kellő csapadékot adott, az évi középhőmérséklet egy-két fokot süllyedt, s a tél valamivel szigorúbbá vált. Míg a legalsó szarmata rétegek flórája arra mutat, hogy ott nem minden évben szállt le a hőmérséklet a fagypont alá, addig a rákövetkező

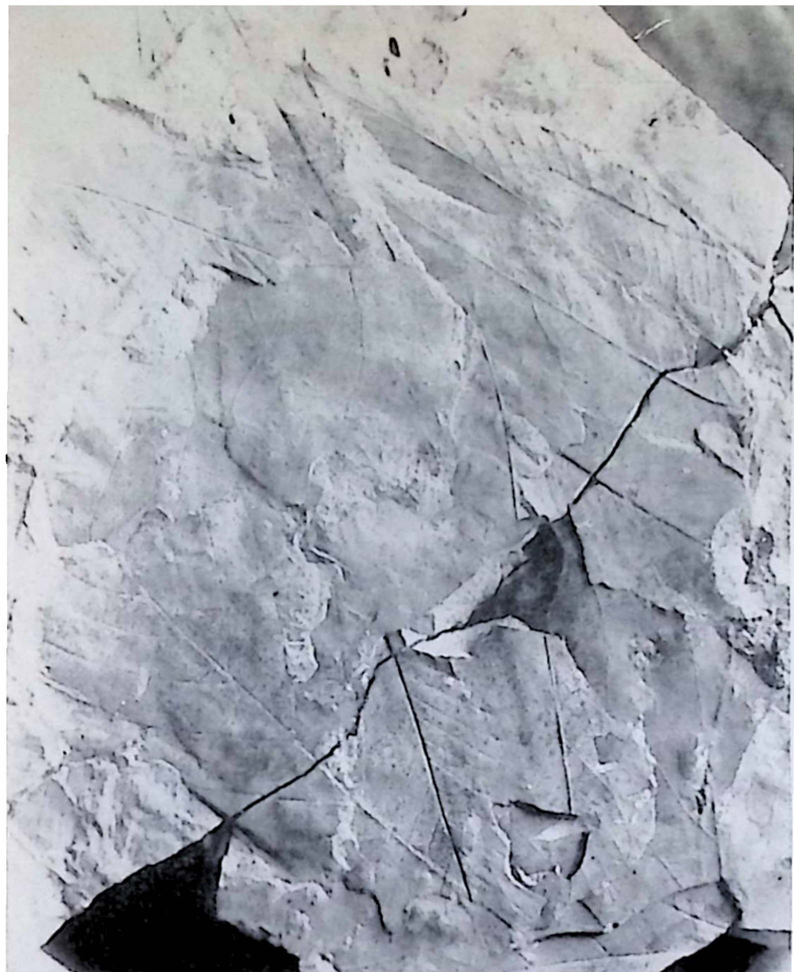
időben már minden évben voltak fagyok, azonban a hőmérséklet ekkor is csak 2—3 fokkal szállt fagypont alá. A csapadék mennyisége 1000 mm fölé emelkedik, a nyár már nem olyan forró, és kisebb a telítettségi hiány. Az alsó szarmatának ezt a középső szakaszát főleg homokkőbe ágyazott maradványok alapján ismerjük. A lelőhelyek Nógrád megyétől kelet felé a Bükk-hegységig fekszenek. Ebből a szakaszból rengeteg kovásodott fatörzsünk van. Az alsó szarmata harmadik és legfelső szintje Bánhorvátin és környékén, tehát Borsod megye északi részében van kifejlődve. A flórák itt tuffitba vannak beágyazódva. Még mindig megvolt a mediterrán éghajlati jelleg, de a csapadékosság növekedése következtében nagy elmocsarasodás következett be. Közben az átlaghőmérséklet kis időre kb. 13 C°-ra száll le.

A felső szarmata alsó szakaszában, amelyet a felsőtárkányi (Eger melletti) iszapos agyagba beágyazott flóra képvisel, az éghajlat a legnedvesebb volt az egész szarmata folyamán. A hőmérséklet ismét kissé emelkedett, a mediterrán jelleg tovább gyengült, és a nyár is esőssé vált. A felső szakaszból két flóránk van, az Egertől északra fekvő Balaton község melletti és a Szelecsi-völgyben Nagyvisnyó és Dédestapolcsány közt, nem messze az előbbitől. Mindkettő riolittufa rétegekből került elő. Az éghajlat kontinentális jellegűvé vált; meglehetősen egyenletes esőeloszlás, nagyobb szélsőségek, közepes (mintegy 950 mm) csapadék jellemezte. A mediterrán éghajlati jelleg végleg eltűnt.

Mielőtt rátérnénk az egyes flórák részletesebb jellemzésére, néhány szóban végigtekintjük a szarmata erdő történetét. Kezdetben a keménylevelű örökzöldek (mediterrán lombtípus) uralkodtak, bár sehol sem alakultak ki olyan erdők, amelyek csupán keménylevelűekből álltak volna, mint ma a Földközi-tenger nyugati medencéjében, hanem mindig vegyültek közéjük szárazságtűrő lombhullatók is, főképpen juharfajok. A nyári aszályosság csökkenésével a babérlevelűek némileg ismét szerephez jutnak, de már nagyobb jelentőségre nem vergődnek. Benyomulnak azonban a flórába olyan elemek, amelyek nyáron is nagyobb nedvességet igényelnek, mint pl. a *Magnoliák* és egyéb nagyobb levelű lombhullató lombosfák. Ezzel az erdő száraz (xerofil) jellege megszűnik, és a szárazerdőt közepes nedvességű, ún. mezofil erdő váltja fel, amelyben már uralkodnak a lombhullató fák. A fenyők ezekben az erdőkben már csekély szerepet játszanak, úgyhogy a bánhorváti flóra-típusban úgyszólván teljesen eltűnnek. A keménylevelűek eleinte még abban is tömegesek, de a hőmérséklet csökkenésével és a nagyobb mennyiségű csapadékkal együtt az erdő lombkoronaszintjéből hovatovább eltűnnek sok nagyobb melegigényű egyéb fával együtt, de még nem jutnak uralomra a mérsékelt övi fák. Ez a helyzet a felsőtárkányi flórában, amelynek lombkorona-szintje fanemekben szegényebbé vált. A balatoni flórát viszont, amelynek lombkorona-szintje a fák magassága szerint erősen tagolódik, már főleg mérsékelt övi elemek alkotják, míg a cserjék és alacsonyabb fák közt sok magasabb hőigényű maradt meg továbbra is. Ez a flóra még teljesen megőrizte a harmad időszaki erdőkre annyira jellemző nagy változékonyságot és keveredést.

Az alsó szarmata legnevezetesebb flórája hazánkban az erdőbényei (Zemplén megyében), amelyet 1850-ben fedezett fel *Kováts Gyula*. A lelőhely felfedezésének történetéről érdemes megemlíteni, hogy amikor *Kováts Gyula* — *Kubinyi Ferenc* társaságában kocsin Erdőbénye község felé tartott, az út árkában kőzetdarabot pillantottak meg. Az egyik ilyen kőzetdarabon éppen egy levélnyomat látszott, mégpedig annak a fajnak a levele, amelyet barátjáról *Kováts Castanea kubinyii*-nek nevezett el. Később kitűnt, hogy tölgylevél, és a ma a Libanonon élő *Quercus libani* őse.

A maradványok Erdőbényén kiédesülő tengervízi kagylókkal és barnamoszatokkal együtt részben kékesszürke agyagban, részben hófehér riolittufában fekszenek. A láp- és ligeterdők itt csekély kiterjedésűek voltak, a terep a tenger partján merede-



Levéllenyomatos homokkőtömb egy kútból Bükkmogyorósdról, az alsó szarmata homokkőflórák korából



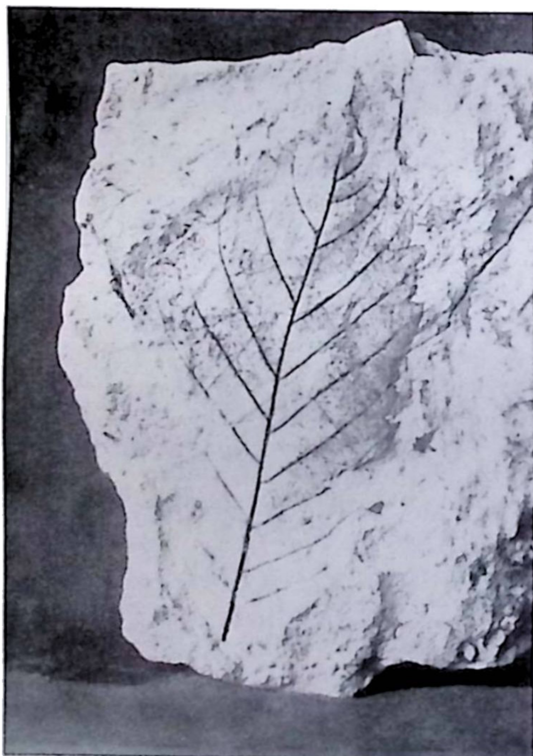
Levéllenyomatokkal tele kőzetdarab Rárósmulyadról, az alsó szarmata homokkőflórákból. Szőlő, komlósbükk, Parrotia



Nyárfalevél lenyomata Nógrádszakálról, az alsó szarmata homokkőflórák korában képződött tufából



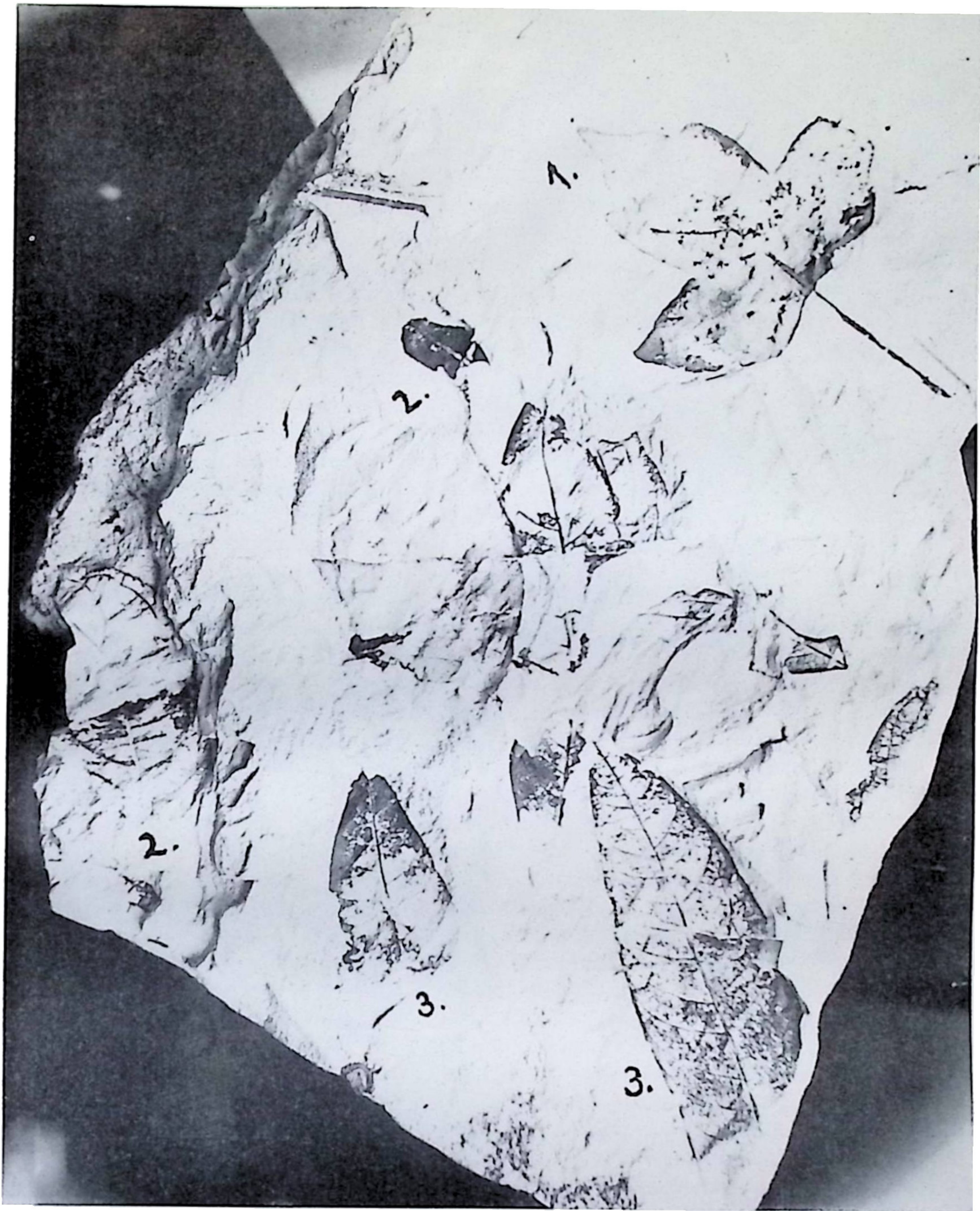
Juharlevelek Bánhorváti alsó szarmata tufájából



Zelkova-levél lenyomata a Dédestapolcsány melletti Gulyadéllőről, alsó szarmata korból



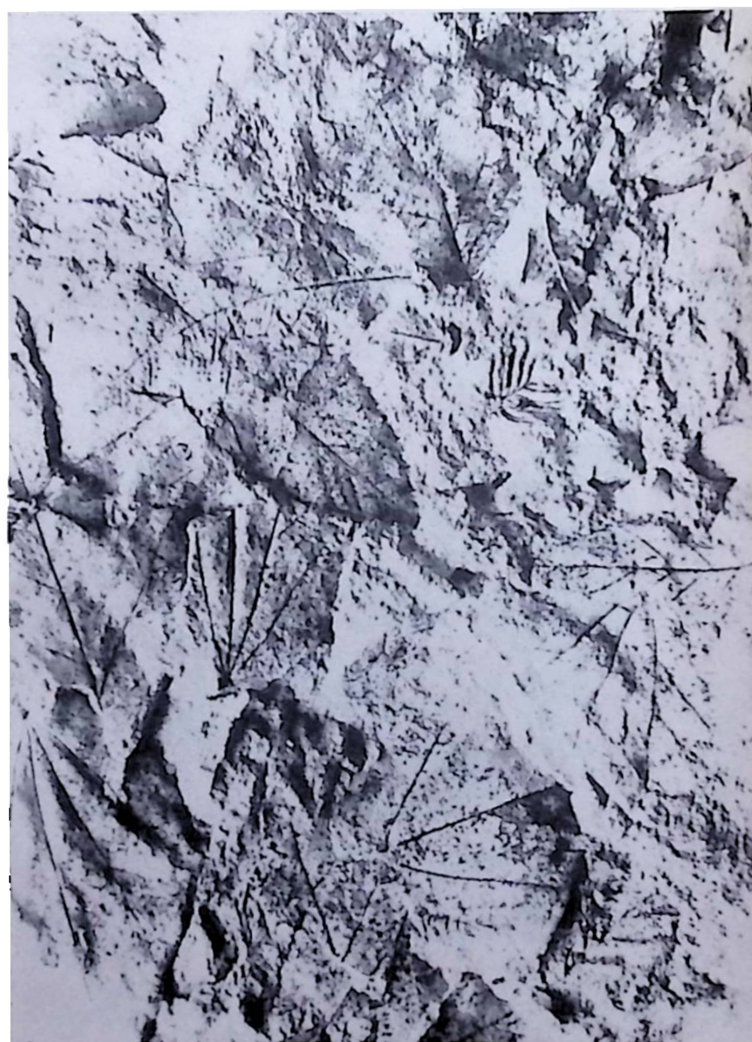
Az olasznaspolya ősének (Eriobotrya europaea) *levele a Heves megyei Balatonról, felső szarmata korból*



Levéllenyomatokkal tele tufadarab Bánhorváti alsó szarmatájából, 1. Acer hyrcanoides, *2.* Diospyros banensis, *3.* Cedrela sarmatica



Kisázsiai rokonságú tölgy (Quercus pontica miocenica) *makkjának és leveleinek lenyomata a Bánfalva melletti Patakosról, alsó szarmata korból*



Levéllenyomatos tufadarab a Heves megyei Balatonról, felső szarmata korból

ken emelkedett. Mélyebb völgyekben azonban még meg volt a vörösfa *(Sequoia sempervirens)* őse, a *S. langsdorfii* mint óriásfa, és a *Libocedrus*. A terep nagy részét keménylevelű örökzöld erdő foglalta el, amelybe azonban lombhullató fák is vegyültek, s ez keverté tette a lombkorona-szintet. A tortontól főképpen az választja el a legalsó szarmatát, hogy a babérlevelű fák nagyon is megritkulnak, a *Cinnamomum* teljesen eltűnik, és a babérlevelű lombtípus csak a cserjeszintben marad meg.

Az erdőbényei és a hozzá korban közel álló lelőhelyek flórái leginkább a Földközi-tenger keleti medencéjének mai flórájával mutatnak szoros kapcsolatokat. A mai kelet-mediterrán fanemek közül igen soknak a testvérfaja élt szarmata eleji flóráinkban.

A homokkö-flórák erdejében már kevés a keménylevelű örökzöld, viszont a magasabb hőigényű növények közül visszatér a *Cinnamomum*, valamint a pálmák, amelyek az erdőbényei flórából hiányoznak. Bár még mindig kimutatható egy aránylag szárazságtűrő erdő, amely a hegyes-völgyes területen elsősorban a déli meleg lejtőkön helyezkedett el, de már voltak kimondottan mezofil erdők is, bükkfából, szilfából, juharfából és a katszurafából *(Cercidiphyllum)*. Nagyobb kiterjedésűek lettek a láp- és ligeterdők, mely utóbbiakban az ámbrafa *(Liquidambar)* és a platán nőttek óriásfákká, de sok volt a nyárfa is, melynek számos hatalmas kovásodott törzse fekszik a Mikófalva melletti (Egertől északra) vízmosásokban. Egyébként itt van a homokkő-flórák egyik leggazdagabb és leváltozatosabb lelőhelye.

A bánhorváti flóra-típust azért sikerült minden tekintetben jól kiismerni, mert ott a flórafejlődés helyenként az egymás feletti rétegekből önként adódik. Emellett ez a flóra igen sok lelőhelyről ismeretes Bánhorvátin és a környéken. Az alsó rétegek még gazdagok keménylevelű tölgyekben és egyéb melegkedvelő elemekben *(Sapindus, Cedrela, Diospyros)*. Ezekhez roppant nagy számban keverednek a juhar-fajok. Talán sehol a Föld kerekségén nem élt és nem él annyi juharfaj együtt, mint a bánhorváti szarmata-flórában. A keménylevelű mediterrán cserjék, mint a kevert erdő cserjeszintje, a földtörténeti múlt folyamán ekkor voltak hazánkban legjobban kifejlődve, tehát olyan időszakaszban, amikor a keménylevelű fajok már tünedeztek a lombkorona-szintből. A középső rétegekben már csak lombhullató és félig örökzöld tölgyekkel találkozunk, s az eredetileg még szegényesen fejlett láp- és ligeterdők itt erős terjedésben vannak. Ez a terjeszkedés a felső rétegek flórájában ölt legnagyobb mértéket. Nagy volt az elmocsarasodás, a melegkedvelő elemek eltűnnek, s a magasabb csapadékkal együtt erős hidegedés következik be.

A bánhorváti flórára jellemző a fenyők és a bükk hiánya. Tudatában vagyunk annak, hogy egy fosszilis flórában a hiányok nem lehetnek bizonyító értékűek. De, ha meggondoljuk, hogy a bánhorváti flóra sok lelőhely anyagából tevődik össze, és igen alapos gyűjtőmunka eredménye, akkor a hiány mégiscsak jelent valamit, tehát magyarázatra szorul. A bükk a következő, felsőtárkányi flórából (amely szintén gondosan kikutatott lelőhelyekről származik) ugyancsak hiányzik. A bánhorváti és felsőtárkányi flórák tanúskodnak a szarmatában a legtöbb csapadékról (egészen 2000 mm-ig, vagy azon felül is) és a legnagyobb mértékű elmocsarasodásról. A bükk megkíván egy bizonyos csapadékmennyiséget, hiszen egyáltalában nem szárazságtűrő, a szerves anyag termeléséhez azonban tápanyagokban gazdag, nem talajvizes talajt és nagyobb elpárolgási lehetőséget. Úgy látszik, hogy ezeket mind együtt nem kaphatta meg a bánhorváti talajban, amely tuffitból alakult, illetve Felsőtárkány vidékén annak idején a magas páratartalom megakadályozta a kellő intenzitású elpárologtatást.

A fenyők hiánya a bánhorváti flóratípusra szorítkozik, noha a *Glyptostrobus*on kívül a fenyők Felsőtárkányban is csak kisszámú maradványt hagytak. Ez arra mutat, hogy a szubtrópusi, illetve erősen kiegyenlített éghajlatot igénylő fenyők a

szélsőségek emelkedésével és a hőmérséklet süllyedésével visszaszorultak. Ilyen éghajlathoz jobban alkalmazkodott fenyők pedig nem léptek a helyükbe, mert nem is voltak a közelben elterjedve. Jól tudjuk, hogy a mi mezei tájunkon a borókán kívül fenyő nem él, noha tőlünk délre bőven találunk ilyeneket a Földközi-tenger vidékén ilyen tájon is, északabbra pedig a kis hőigényű fenyők leszállnak a mezei tájra. Mi tehát fenyőszegény övben élünk. Hasonló lehetett a bánhorváti flóra fenyőtlenségének oka is.

A legújabb kutatások további alsó szarmata lelőhelyeket tártak fel a Bükkhegység északnyugati előhegyeiben, pl. Dédestapolcsány és Bánfalva közt, mely lelőhelyek gazdagságban versenyeznek az eddigiekkel. Mindkét lelőhely (bár nem egykorúak) olyan tölgyesek maradványait tartalmazza, amelyek tölgyfajai kisázsiai rokonságúak. Ez hozzá fog járulni a szarmata-flóra még tökéletesebb megismeréséhez.

A vázolt északi területen kívül ismerünk egy nagyon szegényes szarmata-flórát Várpalota mellől is, amely babérlevelű örökzöld cserjéivel, esetleg fáival lényegesen elüt az északabbi flórától. Itt bizonyos flóra-határvonalat tételezünk fel, amely a szarmata folyamán végig, sőt még a pliocénben is megvolt.

A felsőtárkányi flórában két jól elkülönülő növénytársulás figyelhető meg: egy *Glyptostrobus*os láperdő, gyepszintjében a királyharaszttal *(Osmunda)*, valamint egy tölgyes, amelynek a vezérnövénye kisázsiai rokonságú volt. Árnyas szakadékerdőt alkotott, magas volt a páratartalom, s aránylag egyenletes és mélyre sohasem süllyedő hőmérséklet, mert az erdő cserjeszintjét nagylevelű cserjék, gyepszintjét pedig trópusi rokonságú páfrányok, és egy banánféle *(Musophyllum tárkányense)* alkották. Szarmatánkban itt találjuk a legnagyobb levélmaradványokat. Ez magas páratartalomra és sok csapadékra vall.

A Balaton község mellől ismert flóra az összes szarmata-flóra közül a legváltozatosabb, fajokban a leggazdagabb, és az erdő a legerősebben szinteződött. Öt emeletből áll. A kis koronájú óriásfák *(Sequoia, Liriodendron)* alatt mintegy 30—35 m magas középső lombkorona-szint alakult ki, amely azonban szintén nem záródott, s így alatta további, teljes napfényt igénylő fák és cserjék nőttek. A harmadik szint mintegy 20 m magas volt, és kevés fenyőtől eltekintve kizárólag mérsékelt övi lombhullató lombosfákból állt. Alatta azonban olyan fa- illetve cserjeszint (8—15 m) fejlődött ki, ahol már néhány keménylevelű, illetve babérlevelű örökzöld kis fa, illetve magascserje nőtt. Ehhez a szinthez tartozott az olasz naspolya őse *(Eriobotrya europaea)*. Ez alatt roppant változatos és tarka alsóbb cserjeszintet sikerült kimutatni.

A Szelecsi-völgy flórája kevésbé volt gazdag, de sok babérlevelű örökzöld cserjét tartalmazott, Magnolia-fajokat és a Kanári-szigetek egy nevezetes cserjéjének *(Pleiomeris canariensis)* testvérfaját. A fák és cserjék közt sok feltűnő nagy virágú volt, köztük egy kelet-ázsiai rokonságú bíborszínű rózsafaj is, a Legányi-rózsa *(Rosa legányii)*, mely nevét a hazai ősflóra fáradhatatlan kiváló gyűjtője, *Legányi Ferenc*ről kapta. Az erdő gyepszintjében bazsarózsák is nőttek.

A szarmata elején flóránk a Kelet-Mediterránnal állott legközelebbi rokonságban. Azután a rokonság súlypontja áttolódik Elő-Ázsiára, a Kaukázusra és Kisázsia belsőbb részeire, emellett azonban egyre erősödik a Kelet-Ázsiával és Észak-Amerikával való rokonság. A Kelet-Ázsiával való szorosabb rokonsági kapcsolatot már láttuk, az azonban Dél-Kínára vonatkozott. A szarmatában inkább meleg-mérsékelt Kelet-Ázsiával vannak közös vonások. A mai közép-európai flórával való rokonság is megmutatkozik, azonban még a szarmata végén sem jelentős. Ez tehát arra mutat, hogy a mi fiatalabb harmad időszaki flóránk igen nagy elterjedésnek örvendett, és meglehetősen nagy egyöntetűséggel kiterjedt az egész északi mérsékelt övre. Európán kívül ez a flóra a harmad időszaki fajok közeli rokonaiban ma is él, sok fanem azon-

ban európai elterjedési területén közben elöregedett, vagy pedig a negyed időszakban bekövetkezett nagy lehűlés irtotta ki onnan. A ma itt élők általában fiatalabb fajok, amelyek csak a harmad időszak vége felé alakultak ki.

A társulás-fejlődés a harmad időszak elején aránylag alacsony fokon állt. Az erdőkben a sok elem erősen keveredett, és nehéz vezér-elemeket megállapítani. Később egyre inkább kialakulnak meghatározott összetételű együttesek, sőt a bánfalvi, dédestapolcsányi és felsőtárkányi flórában megismertünk olyan tölgyeseket, amelyeknek lombkorona-szintjén kívül a cserje- és gyepszint is bizonyos hűséget mutat az illető társuláshoz. Ez a fejlődés azután bizonyos törést szenved, amit a nagy vulkáni működés, a növénytakarónak nagy területekről való kipusztulása, a turgáji flóra nagyobb mérvű betelepedése és újabb fajkeletkezések okoznak. A balatoni flóra a társulás-fejlődésnek ismét lényegesen alacsonyabb fokán áll.

Miocén-flórák hazánkon kívül

Akvitáni flórát írtak le Erdélyben a Zsil-völgyéből, amely a mi Wind-gyári flóránknál fiatalabb színezetű. Fiatalabb miocén-flórák Európa számos helyéről ismeretesek, köztük a középső miocénkorú radoboji flóra (amelyről újabban az a nézet, hogy felső miocéni), valamint a bilini. Franciaországban is több miocén-flórát dolgoztak fel. Nagy-Britanniából hiányzik a miocén. Európában legnevezetesebb az öhningeni felső miocénkorúnak tekintett flóra, amelyet több mint száz éve *Oswald Heer* dolgozott fel. Ez a flóra Közép-Európában a legfiatalabbnak számított, amelyben még pálmák is előfordulnak. Azóta hazánkból valamivel fiatalabb rétegekből (homokkő-flórák) is kerültek elő pálmamaradványok. *Heer* Öhningenből igen sok rovart is írt le a növénymaradványokon kívül. Az öhningeni flóra több lelőhelyről származik, s feldolgozása bizonyos tekintetben elavultnak tekinthető, úgyhogy újrafeldolgozása folyamatban van, de még csak kis részben készült el. *Oswald Heer* így is egyike a plaeobotanika vezéralakjainak, akinek legnagyobb ilyen irányú műve, amelyben Svájc harmad időszaki flóráját írja le („Flora tertiaria Helvetiae") ma is egyik legfontosabb forrásmunka.

Ha a mi szarmata-flóráinkat az öhningeni flórával összehasonlítjuk, kiderül, hogy az erdőbényei, tehát a legidősebb szarmata-flóránkhoz áll legközelebb. Erősen száraz éghajlatra vall. Fiatalabb szarmatánk növényei onnan még hiányzanak.

Szarmatakorú flórákat írtak le Németország északabbi részeiből is, (ezek kevésbé száraz éghajlatra utalnak) továbbá Bécs mellől, Észak Olaszországból és Dél-Franciaországból. Ezek egymástól főképpen az erdők jellegében térnek el; egyik elsősorban babérlevelűekből áll, a másik többnyire szárazságtűrő fajokból, mint pl. a Bécs mellettiek, végül vannak főleg lombhullatókból álló, fiatalabb színezetű szarmata-flórák. Teljesen hiányoznak a nagyobb hőigényű elemek az Azovi-tenger környéki szarmata-flórákból, különben igen sok fajuk azonos a miénkkel.

A miocén folyamán Európában mindenütt meglátszik a turgáji flóra fokozatos térfoglalása. Ez a szarmatában úgyszólván be is fejeződik, és akkor csak hírmondók maradnak vissza a poltava-flórából. A trópusi rokonságú fajok ettől kezdve itt reliktumoknak tekintendők. Noha még a pliocénben, talán annak a végéig is tovább éltek, minden okunk megvan annak a feltételezésére, hogy az illető nemzetségek (*Cinnamomum*, *Engelhardtia* stb.) európai elterjedési területe trópus-ázsiai fő elterjedési területétől már leszakadt, és a trópusi elemek Közép-Európa flórájában övön kívüliek lettek.

Kelet-Ázsia miocén-flórái nagymértékben megfelelnek az ottani mai flóráknak. Ott a harmad időszak folyamán sokkal csekélyebb volt a flóra kicserélődése, és a negyed időszaki jégkor sem pusztított. Japán úgyszólván teljes mértékben megtartotta harmad időszaki flóráját.

Japánban Hondo sziget északi részének oligocén-flórája nagyrészt mérsékelt és meleg-mérsékelt övi növényekből állt. Ezek úgyszólván ugyanazokból a nemzetségekből kerültek ki, amelyek nálunk a fiatalabb harmad időszaki hűvösebb szakaszban uralkodtak. Ez folytatódott a középső miocén elejéig, amikor is a sok fenyő mellett úgyszólván kizáróan lombhullató fák éltek. A középső miocénben emelkedett a hőmérséklet, és a megmaradó meleg-mérsékelt övi fajokhoz főként szubtrópusi fajok csatlakoztak. Az oligocént követően a középső miocén és a felső miocén eleje volt legmelegebb szakasza a harmad időszaknak. A felső miocén folyamán újabb lehűléskor ismét uralomra jutnak a fenyők, s hozzájuk mérsékelt övi fanemek járulnak, noha néhány meleg-mérsékelt fanem *(Liquidambar, Magnolia)* is élt még akkor. A pliocénben a fenyők arányszáma tovább emelkedik, ugyanakkor a melegkedvelő elemek fogynak. A felső pliocénben északi elemek nyomulnak be. Ugyanebben az időben Japán délebbi részén, mint jelenleg is, örökzöld babérlevelű flóra uralkodik.

Észak-Amerika miocénkori flórái közt különösen nyugaton vannak jelentősek. Ilyen a Washington állambeli Latah- és a kaliforniai Florissant-flóra (ez utóbbit sokan az oligocénbe helyezik). Észak-Amerika nyugati felében a Sziklás-hegységtől keletre azt az érdekes megfigyelést tették, hogy a hegylánc kiemelkedésének az arányában kezdett erre a területre ún. esőárnyékot vetni, aminek következtében az éghajlat egyre aszályosabbá vált. A nagyobb nedvesség-igényű fák — elsősorban a lombosfák — egész nemzetségek, amelyek az ottani korábbi rétegekben előfordultak, sőt nagy szerepet játszottak a flórában, eltűnnek és csak a Mississippitől keletre élnek tovább.

Délebbi vidékeken, a trópusi övben és annak a szegélyén olyan kevés a miocénbeli lelőhely, hogy azokból az akkori történéseket nem tudjuk kiolvasni. A déli félgömb harmad időszaki flórái pedig semmiképpen sem egyeztethetők össze az északiakkal. Így ezekkel a gyakran teljesen ellentmondó adatokkal nem is kívánunk foglalkozni.

A növényvilág történetéhez hozzátartozik minden olyan történés, amely a Föld egész felületének mai növényzetét kialakította. Ezeknek részletesebb tárgyalása egyrészt tetemesen meghaladná könyvünk kereteit, másrészt pedig a legtöbb terület flórájának kialakulására olyan kevés a megbízható adatunk, hogy történetünk nemcsak hiányos, de teljesen bizonytalan is volna. A mi erdőink kialakulásáról már eddig is szóltunk és fogunk még szólni a pliocén és pleisztocén tárgyalásakor. Röviden meg kívánunk azonban emlékezni a Földközi-tenger vidékének keménylevelű örökzöld és magashegységeink fátlan növényzetének eredetéről. Az elsőhöz még vannak ősnövénytani bizonyító támpontjaink, az utóbbit azonban már csak a mai viszonyok megítélése alapján fogjuk vázolni.

A Földközi-tenger vidékén élő keménylevelű örökzöld flóra eredete

Említettük, hogy eocén és alsó oligocén flóráink sok olyan növény maradványait őrzik, amely növényeknek ma élő legközelebbi rokonai a déli félgömb keménylevelű örökzöld fái, illetve cserjéi. Megemlékeztünk többek közt az *Eucalyptus* és *Cunonia*

nemzetségekről. A rengeteg keskeny-, illetve apró levelű faj arra vall, hogy abban az időben tőlünk nem messze, száraz éghajlat alatt fajkeletkezési központ alakult ki, ahol ezek a szárazságtűrő típusok kialakultak.

A helvéti emeletben ismét feltűnik az ilyen kis- és keskenylevelű típus, de egyúttal olyan elemek is, amelyek a mai Földközi-tenger vidékének keménylevelű örökzöld fáival illetve cserjéivel mutatnak kapcsolatot.

A mai földközi-tengeri örökzöld lomberdők csaknem kivétel nélkül tölgyekből állnak. A néhány egyéb keménylevelű, magas törzsű fa — mint a szentjánoskenyérfa *(Ceratonia)* és az olajfa *(Olea)* — nem erdőalkotó fák. Először tehát az örökzöld tölgyekkel, a *Quercus ilex*-szel és rokonfajaival kell foglalkoznunk illetve eredetüket megállapítanunk. A Földközi-tenger vidékének örökzöld lombú tölgyei egymással rokon fajok; származásuk egy-két kivételtől eltekintve közösnek tekinthető. A *Quercus mediterraneát* mint fosszilis fajt a *Qu. ilex*, a legelterjedtebb mediterrán tölgyfaj ősének tekinthejük. Ez a faj sem a régibb poltava-flórákban, sem a turgáji flórában nem fordul elő. Kialakulása, amelyet a többi faj megjelenése követett, Eurázsia nyugati részében történt, mégpedig abban az övben, amely a térítő körtől az északi sark felé, a sivatagi öv és a lombhullató tölgyesek öve közé iktatódik. Ennek éghajlatát mint mediterrán szubtrópusi éghajlatot jellemeztük. Az éghajlat aszályos nyarával és enyhe, csapadékos telével tűnik ki. Az örökzöld tölgyek az idők folyamán a Földközi-tenger mentén messze benyomultak kelet felé, és ma a *Qu. ilex* a Himalájáig terjed. A partölgy *(Qu. suber)* a mediterrán medence nyugati felére korlátozódik, egyéb fajok pedig főleg Kisázsiában honosak. Úgyszólván mindezeknek a testvérfaja előfordul miocén-flóráinkban, elsősorban a szarmatában.

Egy másik kérdés, hogy a tölgyek melyik régibb típusából alakultak ki a keménylevelűek — a lombhullató típusból, vagy a babérlevelűből? Észak-Amerika nyugati partvidékén szintén ki van fejlődve (a megfelelő félszáraz övben) a keménylevelű örökzöld erdő. Ez is elsősorban tölgyfajokból áll. Harmad időszaki flóráinkban igen sok észak-amerikai tölgy rokonságát megtaláljuk, köztük egy-két keménylevelű tölgyét is, de ezek a típusok azóta teljesen eltűntek az európai flórából. Ez nyilván arra mutat, hogy a keménylevelűek Észak-Amerikában és nálunk nem ugyanabból a rokonsági körből származnak, és kialakulásuk is független. Mivel pedig a lombhullató típusok általában közösek, így arra a meggyőződésre kell jutnunk, hogy a keménylevelű örökzöld tölgyek babérlevelű örökzöldektől származtak le. Közvetlen ősüket azonban a kihalt fajok közt ezideig nem sikerült megtalálni.

Az említett két másik fanem kétségtelenül trópusi rokonságú. Ezek után meg kell állapítanunk, hogy a keménylevelű mediterrán fatípusoknak a turgáji fajokkal semmi kapcsolatuk nincs, hanem poltava-fajokból erednek.

A szegényes fajszámú magas törzsű fák mellett a cserjék az örökzöld mediterrán erdőben sokkal nagyobb változatosságot mutatnak. Sok családból illetve nemzetségből alakultak ki ilyen keménylevelű örökzöldek, amelyek egy része biztosan a poltava-flórához tartozik, itt azonban nincs kizárva, hogy turgáji elemek is alakultak át keménylevelű örökzöld cserjévé. A következő fajokat, illetve nemzetségeket ismerjük a szarmatából: *Arbutus unedo, Erica sp., Pistacia lentiscus, Phillyrea latifolia, Rhamnus alaternus*, azaz a *Cistus*-fajok kivételével úgyszólván az összes legfontosabb makkiacserjét. Nagyon messze vezetne arranézve is magyarázatot keresnünk, hogy mindezek a cserjefajok milyen származásúak voltak. Annyit azonban meg kell állapítanunk, hogy ugyanabban a fajfejlődési központban alakultak ki, mint a keménylevelű tölgyek. Ez tőlünk valamivel délebbre, de lényegesen nyugatabbra fekhetett. A terület ma legalább részben valószínűleg tenger alatt fekszik. Az itt kialakult elemek megkezdték terjedésüket a szárazulat belseje felé mindazon a területen,

ahol kedvező éghajlati viszonyokat találtak. A már régóta mélyen benyúló Földközi-tenger hosszú utat nyitott meg részükre egészen Ázsia belsejéig.

A lombosfákon kívül ismerünk igen sok erősen szárazságtűrő fenyőt is a Földközi-tengeri flórában. Ezek közül kettőt akarunk itt kiemelni, a ciprust és a *Tetraclinist*. Ezek feltétlenül régi típusok. A *Tetraclinis* tobozait és ágait már a felső oligocénből ismerjük hazánk területéről — *Callitrites* néven. Ma ez a típus mint *Tetraclinis articulata* Észak-Afrikában Marokkótól Tuniszig alkot ritkás magascserjéseket. A ciprus is régi lehet, bár a helvéti elmeletnél régebbről nincsenek maradványai. Mindkét típus ökológiailag teljesen megfelel a keménylevelű örökzöldeknek. Miután a turgáji flórából nem említik őket — régóta itt élő típusoknak kell tekintenünk. Valószínű, hogy ugyanabban a központban váltak szárazságtűrővé, amely a keménylevelű örökzöldeket kitermelte.

Ezek az örökzöld fák és cserjék nagyban hozzájárulnak ahhoz a képhez, amelyet a Földközi-tenger vidékének flórájáról kapunk, ha a tavaszi vegetáció megindulását figyeljük. A tél sem egészen nyugalmi állapot, de a tavasz úgyszólván kiesik ezeknek a fás növényeknek és így a növénytakaró felsőbb szintjének az életéből.

Az európai magashegységek flórájának kialakulása

A Föld felszínét kialakító erők egyik legintenzívebb működési szakasza volt a miocén. A rengeteg vulkáni kitörés és tufaszórás mellett — amely utóbbi számunkra sok értékes növénymaradványt és ezzel felbecsülhetetlen őstörténeti adathalmazt őrzött meg — a földkéreg ráncolódása is nagyarányú volt. Ekkor alakultak ki hegyláncaink, köztük a Kárpátok és az Alpok. Európa növényzetének további alakulására ennek a jelenségnek roppant nagy befolyása volt, noha ezt a befolyást a mezei tájon kialakult fás növényzetben csak ritkán tudjuk megállapítani. Sorsdöntő hatást gyakorolt azonban azoknak a területeknek a flórájára, amelyeket a hegyláncképződés a magasba emelt.

A kiemelkedő részeken az éghajlat megváltozott: az átlagos hőmérséklet alacsonyabbá vált, az ingadozások némileg mérséklődtek, a csapadékviszonyok általában javultak, mert az esőzés gyakoribbá, eloszlása pedig egyenletesebbé vált. A fiatal harmad idôszak folyamán, különösen attól az időtől kezdve, amelyben magashegységeink kiemelkedtek, a flóra fokozatosan kisebb hőigényű lett. Így a flórák viszonylagos korának megítélésekor az alacsonyabb hőigényű fajokból alkotott flórát fiatalabbnak tekintjük. E szerint a térszín emelkedésével a flóra fiatalabb színezetűvé vált. Miocén-flóráink közül egyeseken (pl. Mikófalván) ki tudjuk ugyan mutatni, hogy az erdőflóra magasság szerinti övekre oszlott; a legtöbb helyen azonban nehéz megállapítani, hogy a fiatalabb színezet ténylegesen a fiatalabb kornak vagy magasabb térszínnek tudható-e be. Csak a kor éghajlati adottságaihoz képest határozottan alacsonyabb hőigényű növények maradványai származhatnak magasabb térszínről. Vannak támpontjaink arra, hogy egyes maradványok magasabb helyekről származnak, pl. az Eger környéki helvéti és Erdőbénye szarmata rétegeiből ismerjük a tulipánfa résztermeséit, leveleit azonban nem. A résztermés messziről, magasabb térszínen nővő fától származik, és úgy került a nagyobb hőigényű növények maradványai közé.

Mindezekben az esetekben a térszín emelkedésének csak a flóra kicserélődésében volt szerepe; a törzsfejlődést nem érintette. A nagyobb magasságok az ilyen fokozatosan lehűlő éghajlatban főképpen mint a hidegtűrő elemek betelepedésének alkal-

mas bázisai jelentősek. Szarmatánkban sok olyan növény bevándorlásával kapcsolatban, amelyek a lehűléssel kapcsolatban telepszenek meg nálunk, megfigyelhetjük, hogy először hegyvidéken jelentkeznek s onnan szállnak le az alacsonyabb tájakra. A térszín felemelkedése azonban egészen más hatásokat váltott ki, amelyeket a következőkben jellemzünk.

A térszín emelkedésének sajátság- azaz fajkialakító hatása azokon a növényeken érvényesült, amelyeket a magasba emelt. Ezek egyre zordabb éghajlat alá kerültek, a tenyészidő is megrövidült. Egyes növények ezt csak bizonyos fokig bírták elviselni, aztán eltűntek, illetve csak a térszínnek alacsonyabb részein maradtak meg. Egy másik részük képes volt szervezetének minden átalakulása nélkül dacolni az éghajlat romlásával, és változatlanul tovább élt a magasban. Ezek száma mindenesetre igen korlátolt volt. Ismét más növények átalakultak. Minthogy először a fák, majd a cserjék voltak azok, amelyek ebben a küzdelemben az éghajlat zordabbá válása során legelőször tűntek el, így sok árnyéknövény a napfényre került, aminek következtében ezek levelei vastagabbak lettek, és legtöbbször — az elpárolgás elleni védekezésképpen — szőrbevonat fejlődött rajtuk. Napfényt egyre többet kaptak, s így részükre már nem volt előnyös a magas termet, ezért általánosan eltörpültek. Így alakultak ki az oromnövények, a fa-tenyészeti határ feletti öv tömött növésű, alacsony, általában nagyvirágú fajai. Az erdőhatár felett először egy cserjeöv következett, olyan cserjékből, amelyek korábban az erdő cserjeszintjét alkották. Ezek a cserjék önálló társulásokká váltak. Felettük kialakult egy törpecserjés — tömött növésű kúszócserjékből, melyek a nagy szél okozta elpárolgás megakadályozására egészen lecsepültek. Ezek és a fűneműek között a következetesen minden télen megfelelő mennyiségben lehulló hó védelme következtében igen sok az örökzöld.

Az természetes, hogy a mezei tájról felemelt növényfajok közül csak kevés tudott tovább élni, akár módosulás nélkül, akár alkalmazkodva — míg általánosan megfigyelhető a havasi rétek és legelők fajgazdagsága. Ez részben a hegyláncokon végig bekövetkezett nagy növény-kicserélődésnek tudható be. Különösen olyan hegyláncok flórája gazdagodott jelentősen, amelyek több növényzeti övön haladtak keresztül, és mindegyikből hoztak magukkal kiemelkedésükkor növényanyagot. Ilyen hegyláncok a dél-amerikai Andok és a Kelet-Himalája délnek forduló láncai. De gazdagította és gazdagítja az oromflórát a kiterjedt magashegységeken, elsősorban a Himaláján — de némileg az Alpokban is — megindult fajkeletkezés, amely igen sok nemzetségben bőséges felaprózódáshoz vezetett és vezet.

Az Alpok és a Kárpátok kiemelkedésükkor a mi miocén-flóránkat vitték magukkal a magasba. Miután itt az oromnövények közt csak a fűnemű növények eredetét kutathatjuk, így miocén-flóránkról való ismereteink e tekintetben roppant gyérek. Az azonban valószínű, hogy a fűnemű miocén-flóra hasonló lehetett azoknak a területeknek a mai fűnemű flórájához, ahová az akkori fás növények visszahúzódtak. Így elsősorban a Földközi-tenger vidékének fűnemű flórájából egyes elemeket illetve azoknak oromlakó testvérfajait kell az Alpok és Kárpátok flórájában keresnünk. Ez bizonyos fokig valóban így van. Ám azóta a havasi flóra olyan mértékben gazdagodott távoli magashegységekről beszármazott, később pedig az eljegesedések közti felmelegedett időszakokban északról levonult elemek felvándorlása következtében, hogy ma már nagyon nehéz az Alpok és a Kárpátok ún. „ősflóráját" megítélnünk.

A miocén tehát a legfontosabb kornak tekinthető mai flóránk kialakításában. Ekkor kezdődött meg a hidegtűrő elemek nagy bevonulása a mi területünkre, és ezzel megkezdődött a teljesen mai arculatú erdők kialakulása. Valószínű, hogy egy időben nyert mai arculatot a rétek és más füves térségek növényzete. Ezzel szemben a

láperdők, a mocsár, a szabad víz flórája és vegetációja régebbi, s a miocén folyamán már nem sokat változott. A következő korban, a pliocénben már csak folytatódik a megkezdett út, és a harmad időszak e legfiatalabb kora újat nemigen hoz. Ezzel szemben igen sokat pusztít; pl. már ekkor megkezdődik az európai fás növényzet elszegényesedése, amit a jégkorszak fejez be. Mintegy elmondhatjuk, hogy a miocén összehordott mindent, amiből a pliocén és a jégkorszak kiválogatták azt, ami a mai flórában megtalálható.

A pliocén

A társulás-fejlődés vagy cönogenezis a növénytakarót az annak életműködésével kölcsönhatásban álló élettelen környezeti (főként talajmenti, éghajlati és talaj-) tényezők legfinomabb eloszlása szerint osztja ún. társulásokra. Míg a zárvatermő fajok, amelyek a növénytakaróban óriás területeken csaknem kizárólagosan dominálnak (csak a fenyők számítanak bizonyos helyeken kivételnek), eleinte nincsenek kötve meghatározott környezeti adottságokhoz, később azonban nagyrészt ilyenek függvényeivé lesznek, és csak bizonyos társulásokban képesek megélni. A környezeti adottságok így a terület eredeti flórájának csak kis számú faja részére maradnak kedvezők, s a többi fajt kiűzik onnan. Ha egy társulás valamely területen elhatalmasodik, akkor az egész terület flórája elszegényedik. Ezt az elszegényedést ellensúlyozza a fajkeletkezés, amelynek eredményeként minden környezet megfelelő új fajokat alakít ki. A pliocén — legalábbis ami a fanemeket és a cserjefajokat illeti — mégis alig hozott újat, s a gazdag miocén-flóra elszegényedése megindult. Különösen megfigyelhető ez az egyes lelőhelyek növényanyagán, amely legtöbbször egyetlen vagy csak kevés társulásból való növényfajokat foglal magában. Az egyes lelőhelyek anyagából már csak a legritkább esetben kapunk az egész növénytakaróról hű képet, s inkább csak azoknak a társulásoknak a maradványait találjuk ott, amelyek a lelőhely közelében éltek. Az erdőkben a fanemek közt a létért való küzdelemből a finomabb környezeti adottságoknak legmegfelelőbb fajok kerülnek ki győztesen. A tarka, vezér-fajokkal nem bíró harmad időszaki erdők helyébe kevés, végül egyetlen faj alkotta lombkorona-szintű mai színezetű erdők alakulnak ki. Az uralkodó fanemhez csak egyes járulékos fanemek társulnak. Nagyjából ez a pliocén-flóra története.

Hazai viszonylatban főleg a pliocén alsó szakaszából, a pannóniai emeletből ismerünk növény-lelőhelyeket; a felső szakaszból — levantei lelőhelyek — egyelőre csak Nyugat-Dunántúlon ismeretesek. Feltárásuk folyamatban van. Alsó pannonflóráink közül legjellegzetesebb a megyaszói, ahol opálosodott fatörzseken kívül brekciába ágyazódott átkovásodott sejtszerkezetű levél-, termés- és tobozmaradványok találhatók. A flóra már alig tartalmaz nagyobb hőigényű elemeket; sok az ámbrafa *(Liquidambar)*, a platán, a tölgy és a nyír. Igen nevezetesek az olyan opálosodott nyírfatörzsek, amelyeken még a hófehér kéreg is megmaradt.

Felső pannonkorúak a Mátraaljai és a Rudabányai barna kőszenek, amelyek anyagát ugyancsak a mocsárciprusfélék szolgáltatták. Az éghajlatban tehát a felső miocéntől nem volt lényeges változás. A flóra nagy fejlődése abban áll, hogy amíg a szarmatában a mai közép-európai fanemek a fa-flórának alig néhány százalékát tették ki, addig a felső pannonban ez csaknem eléri az 50%-ot. Ezt az átalakulást nem tudhatjuk be a hőmérséklet csökkenésének, mert ilyen csak később következett be (a hőmérséklet addigi csökkenése rendkívül csekély volt), hanem annak, hogy sok miocénelem, amelynek legközelebbi rokonsága ma Észak-Amerikában, vagy Kelet-Ázsiában, esetleg a Közel-Keleten él, itteni areájában elöregedett és nagyon megritkult

vagy ki is pusztult. Hiszen még olyan nagy hőigényű nemzetségek, mint a *Cinnamomum*, az *Engelhardtia* is hagytak maradványokat a felső pannonból.

Külföldi viszonylatban sokkal gazdagabbak és teljesebbek a pliocén-flórák. Ilyeneket írtak le Bécs mellől, Németországban sok helyről, többek közt a német-alföldi határról, Dél-Franciaországból, a Sebes-Körös mellől, Borszékről, és Szófia mellől. Még nincs kellőképpen felderítve, hogy az egyes lelőhelyek kora hogyan viszonylik egymáshoz, de úgy látszik, hogy a Körös menti és Erdélyi lelőhelyek flórája lényegesen régibb, mint a mi alsó pannonflóránk. Igen sok babérlevelűt, *Podogoniumot* és *Myrica lignitumot* ismertet. Ilyen flóra-határvonalra a mi szarmata lelőhelyeinktől délre különben a szarmata-flóra tárgyalásakor már rámutattunk.

Nagyon érdekesek a Lengyel Tátra környékéről, valamint Nyugat-Európából, többek közt Nagy-Britanniából leírt pliocén-flórák. A galíciai lelőhelyekről még kimondott trópusi típusokat *(Euryale, Podostemonaceae)* is ismertettek. Nyugat-Európában a kort a mai fajokkal megegyező fajok arányszáma szerint igyekeztek megállapítani. Újabb kutatások arra mutatnak, hogy azok a pliocéninek vélt flórák, amelyek nagyon nagy százalékban tartalmazzák a ma is helyben élő fajokat, — a pleisztocénbe tartoznak.

A harmad időszaki flóra- és éghajlat-történet összefoglalása

Az a korábbi nézet, hogy a közép-európai harmad időszak elején kimondottan trópusi flóra uralkodott (megfelelő éghajlat alatt), s az éghajlat a pliocén végéig annyira hűlt, hogy a maival kb. egyenlővé vált; továbbá, hogy az akkori trópusi flórákat fokozatosan váltotta fel az északról bevonuló hidegtűrő flóra — a maga egyszerűségében nem fedi az adatok bizonyította tényállást. A közép-európai flóra sohasem volt típusosan trópusi, noha a trópusi rokonságú fajok sokszor abszolút uralmon voltak, egyúttal nem alakultak ki olyan növénytársulások, amelyek mindenben megfeleltek volna a mai trópusi növénytársulásoknak. A trópusi elemek közé mindig vegyültek trópuson kívüli fajok, sőt a szubtrópusi éghajlatot igénylő fajok időről időre túlsúlyra is vergődtek.

Észak-Amerikában és Európában a paleocén hőmérséklete aránylag alacsony volt, később a hőmérséklet emelkedett, és az eocén volt a legmelegebb. Ekkor alakultak ki olyan növénytársulások, amelyek legközelebb állhattak a trópusiakhoz. Ekkor élt hazánkban a Nipa-pálma. A fenyők, amelyeket az egész harmad időszak folyamán nagyjából ugyanazok a fajok vagy legalábbis ugyanazok a nemzetségek képviseltek, — magasabb hőmérsékletre csak annyiban reagáltak, hogy az eocénben határozottan háttérbe szorultak. Az alsó oligocén valamivel hűvösebb, de egyúttal szárazabb is volt; a Nipa eltűnt, de a mangrove-növényzet egyes fajai még megvoltak. Igen sok a déli típusú, illetve trópusi keskeny- vagy aprólevelű szárazságtűrő elem. Az oligocén folyamán a csapadék növekszik, s a hőmérséklet is emelkedik kissé. A legmagasabb hőmérséklet valószínűleg az oligocén és miocén határán, vagy valamivel az után állt be. Az oligocén elejétől az alsó miocénig a pálmák száma emelkedik, de már nagyobb mennyiségben jelentkeznek a hideget jobban elviselő nemzetségek is, amilyen a juhar, a szilfa és a gyertyán. Az alsó és középső miocén uralkodó lombtípusa a babérlevelű, azonban mindig lombhullatókkal keverve. Míg az átalakulás az alsó és középső miocénben lassú és fokozatos, addig a felső miocénben az éghajlat lehűlése rohamosabbá válik, s a flórában több lényeges változás

következik be. A felső miocén elején a keménylevelű örökzöld erdők uralkodtak; ekkor az éghajlat mediterrán jellegű szubtrópusi volt. A mediterrán jelleg gyengülésével és a csapadék erősödésével a lombhullató fák végleg uralomra jutnak. Kezdetben még olyanok, amelyek a mi éghajlatunknál magasabb hőmérsékleten vannak elterjedve, de a miocén végére zömmel már a kisebb hőigényűek vonulnak be és alkotják a lombkorona-szintet.

A miocénben alakul ki tehát a keménylevelű mediterrán erdő, de uralma nagyon rövid ideig tart, s lombhullató erdők követik. A miocénben lép kapcsolatba a mi eredetileg trópusi színezetű flóránk a kis hőigényű turgáji flórával, és az utóbbi kiszorítja az előbbit. A miocénben emelkednek ki Európa hatalmas hegyláncai, és akkor alakul ki a havasi növényzet. Ugyancsak a miocénben alakulnak ki a sztyeppek és a valódi rétek.

A pliocén folyamán nem folyt már nagyobb mérvű fajkeletkezés, sem bőségesebb bevándorlás a flóránkban. A már addig is elszigetelt melegkedvelő fajok egymás után tűnnek el, de velük együtt kihal európai elterjedési területén számos olyan faj is, amely mai éghajlatunkat is elviselné. Ennek oka az elöregedés, és nem környezeti hatás. A pliocén végére olyan környezeti viszonyok alakulnak ki, mint a maiak, de az európai flóra fanemekben még gazdagabb, mint jelenleg, mert sokat megőrzött korábbi gazdagságából. A pliocén folyamán megindult elszegényedés a következő időszakban, a pleisztocénben válik teljessé. Ezt az akkor meginduló lehűlésnek és más kedvezőtlen körülménynek tudhatjuk be.

A pleisztocén flóratörténete

Az éghajlati határok és ezzel kapcsolatban a növénytakaró nagy egységeinek, mondjuk a nyáron zöld lombhullató erdőknek a határai sohasem élesek, hanem mindig nagy átmeneti területek ékelődnek a típusosan kialakult egységek közé. Ezt a múltra, a harmad időszakra visszavetítve is megfigyelhetjük, mert a flóra átalakulásához mindig millió évek voltak szükségesek. Ezzel szemben a közelmúltban, kevesebb mint egy millió évvel ezelőtt bekövetkezett egy olyan időszak — a pleisztocén —, amelyben az éghajlati változások és a növénytakarónak a környezeti tényezőkkel kapcsolatos megváltozásai rohamosakká váltak. A miocén folyamán a szarmata-emeletet tekintjük olyannak, amelyben az éghajlati változások aránylag hirtelen következtek be, de ekkor is az egész mintegy 4 millió évet kitevő idő alatt az éghajlati különbségek hőmérsékleti szempontból nem tettek ki többet 4—5 C°-nál. Ezzel szemben a pleisztocén folyamán mintegy 20 000 év 8—10 C°-os eltolódásokat hozott magával. Ez természetesen a növénytakaróban olyan nagyarányú változásokat idézett elő, amilyenekre rövid idő alatt nincsen más példa a növényország történetében.

A gyors éghajlati változások arra késztették a növényeket, hogy a lehetőség szerint kitérjenek előlük. A növények a lehűléskor az egyenlítő felé kezdtek terjedni és észak felől visszahúzódni, amit általában vándorlásnak nevezünk. A hegyvidékeken a vándorlás a völgy irányában folyt. A vándorlás már maga sok fajra nézve végzetessé vált. Ezenkívül a völgybe való vándorlás kapcsán a növény a völgyben szélsőségesebb éghajlati viszonyok közé került, s a kiegyenlített éghajlatot igénylő fajok közül sok emiatt tűnt el. A jégkor éghajlata különben is szélsőséges és inkább száraz volt. A vándorúton akadályok is voltak (pl. vízfelületek, magasabb hegyláncok stb.), amelyek további kieséshez vezettek.

Európában a jégkorszak négy erősebb lehűlésből állt, amelyek között az éghaj-

lat felmelegedése valamivel túlhaladta a jelenlegi hőmérsékletet. Ezeket a felmelegedéseket a *glaciális*nak nevezett jég előretöréseivel szemben *interglaciális*oknak nevezzük. Az interglaciálisban a növényzet „igyekezett" visszaszerezni korábbi helyzetét, tehát a sarkvidék felé terjedt, hegyvidékeken pedig felfelé. Az ismétlődések sok elem pusztulását, de egyúttal keveredését is eredményezték. A közben beálló izoláltság pedig új fajok keletkezésére vezetett. De azáltal is folyt új fajok keletkezése a zordabbá váló éghajlat elleni védekezésként, hogy a fajok kromoszómaszáma megkettőződött (mutáció), aminek következtében megváltoztak tulajdonságaik, pl. az éghajlati viszonyokkal szemben ellenállóbb új kisfajok alakultak ki.* A nagy lehűlések és felmelegedések mint környezeti változások tehát fajok kihalásával, nagy keveredéssel, de egyúttal számos kisfaj keletkezésével is jártak. A kihalás előidézésében azonban nemcsak a lehűlés, hanem a szélsőségek erősödése és a magaskorú fajok terjedési készségében elöregedés folytán való csökkenés is közrejátszott.

A jégkorszak Földünkön kisebb-nagyobb mértékben úgyszólván mindenütt éreztette hatását. Trópusi magashegységekben is sikerült kimutatni, hogy a pleisztocénben a fa-tenyészeti határok néhány száz méterrel alacsonyabban feküdtek. Mégis a legnagyobb hatással Európa növényzetére volt. Észak-Európa egészen Közép-Európa északi harmadáig olyan mértékű lehűlés színhelye volt, hogy szinte minden fás növény kipusztult, sőt az eljegesedés következtében a terület nagy részéről úgyszólván minden növényi élet eltűnt. A fanemek menedékekben, refugiumokban maradtak csak meg és a felmelegedéskor ezekről a helyekről indultak ismét terjedésnek. A magashegységek jégárai sokkal, mintegy 1000—1200 méterrel mélyebbre nyomultak a völgyekbe, mint jelenleg. Itt azonban a jégárak közvetlen közelében megmaradtak az erdők, mint ahogy a jégárak az Alpokban ma is lenyomulnak az erdőövbe. Magasabban pedig szintén megmaradt a növényi élet, különösen meredek déli lejtőkön, kiugró csúcsokon és hegygerinceken. A legáltalánosabb hatása a jégkornak a sík vidékeken volt. Itt a terep a jégárak körül is fátlan volt. Hazai földön a sík és a középhegységek jégmentesek maradtak, úgyhogy több fanem átélhette a legnagyobb lehűléseket is. Az Alföldön inkább a nagyon szélsőséges és száraz éghajlat ritkította meg az erdőket, és itt főképpen csak a leghidegtűrőbb fanemek (mint a vörösfenyő és a cirbolyafenyő) éltek. A környező dombvidék melegebb lejtőin azonban kétségtelenül voltak még lomboserdők is.

A kisebb termetű növényekre nézve a lehűlés távolról sem volt annyira végzetes. Az ilyen növények könnyebben találtak maguknak védettebb, melegebb zugokat, ahol fennmaradtak, és a felmelegedéskor ismét könnyebben foglalhatták el korábbi elterjedési helyüket.

Kétségtelen, hogy a jégkor igen sok olyan növényt, köztük fanemeket is hozott Magyarországra, amelyek korábban itt nem éltek. Ilyen faj a bükk, amelyet a pliocénben még a keleti bükk (*Fagus orientalis*) helyettesített, de ilyen volt a lucfenyő is.

A jégkorszaki és jégkorszak utáni növénytakarót és annak változásait elsősorban pollenanalitikai vizsgálatok alapján ismerjük. Ezek úgyszólván hézagmentesen, s nagyobb területre kiterjedően tárják elénk a mindenkori növényzetet, egyben az erdők záródására, valamint a füves területekre vonatkozó adatokkal is szolgálnak. Ezzel szemben a lenyomatok és fennmaradt fatörzsek, amelyek ebből az időből állnak rendelkezésünkre, csak egyes pontok növényzetéről adnak igen hiányosan számot.

A flóratörténet utolsó szakasza szinte szemünk előtt játszódik le. Minden történés belevéste és visszahagyta nyomát a mai növénytakaróban. A hideg szakaszokról

* *Kisfaj*oknak az erősen változékony nemzetségek újonnan keletkezett, egymáshoz nagyon közelálló, mégis bizonyos öröklődő faji bélyegekkel elválasztott fajait nevezzük.

nemcsak az akkor lerakódott löszrétegek, valamint a magashegységek, köztük a Kárpátok „cirkuszvölgyei" szólnak ékesen, hanem a mi Alföldünk északkeleti részében abból az időből visszamaradt tőzegmohalápok és egyéb magashegységi növények is. A jégkor utáni idők minden szakaszáról vannak ereklyéink erdőn-mezőn. A flóratörténet átmegy a mai növénytakaró élettörténetébe, örökös változásába és tarka összevisszaságába, amelyet azonban szigorú törvényszerűségek kormányoznak. Ezzel megszűnnek a feltevések, s az elképzeléseket a közvetlen szemlélet váltja fel, amikor mindent kísérletileg ellenőrizhet a tudomány, amilyen kísérletek az ősnövénytan tárgyain nem végezhetők. Az ősnövénytan helyébe pedig a mai növénytakaróval foglalkozó növénytan lép.

Harmadik rész

A GERINCTELEN ÁLLATOK FEJLŐDÉSE

Írta:

Bogsch László

AZ ŐSI ÁLLATI ÉLET TANÚI

Az élet kialakulása a Földön az emberi elme számára szinte fölfoghatatlanul hosszú évmilliókkal ezelőtt történt. Azóta állandó mozgással folytonosan változott, örökösen más és más képet nyújtott, mint ahogyan egy hatalmas hosszúságú film egymásután következő kockái is egymástól mind eltérők. Az eltérés néha alig-alig figyelhető meg, máskor viszont éles vonásokban különböznek az egyes filmkockák. Ez a kétféle jelenség egyúttal mindjárt az élet fejlődésének kétféle ütemét is mutatja: néha lassan, alig észrevehető változásokkal, máskor ismét hirtelen, gyors ugrásokban történik a fejlődés. Annak, akit csak egy kicsit is érdekel az élet fejlődéstörténete, a leggyönyörűbb és legizgalmasabb ez a sok évszázmilliót megörökítő film!

Persze ez a film nem valóságos filmkockák sorából áll! Sőt, még az egymásután következő kockák sem találhatók meg mindig könnyen, egymás után. Sokszor igen aprólékos, részletekbe menő és igen fáradságos kutatómunka szükséges ahhoz, hogy a „filmkockák" egymásutánját megállapíthassuk. Azonkívül a valóságban ezek a filmkockák legtöbbször kőbezártan őrzik a földtörténeti múlt sok-sok millió éves történetének a bizonyságait.

A földtörténeti múlt életét megőrző maradványokat ősmaradványoknak, idegen szóval *fossziliá*knak nevezzük. A fosszilia megjelölés arra vonatkozik, hogy ezeket a maradványokat legtöbbször ki kell ásni a földkéregből. *(Fossare* latin szó, annyi, mint ásni.)

Az ősmaradványok legnagyobb része kövületként *(petrefaktum)* maradt meg, de néha, mint pl. a szibériai mammut-tetem, szőröstül-bőröstül megmaradt, megőrizte az egész állatot. Ilyenkor persze már helytelen lenne a kövület megjelölés.

Az ősmaradványok tehát az egykori élet tanúi. Persze, ezek a tanúk igen sokfélék. Mint a szibériai mammut bizonyítja, néha olyan kitűnően maradtak ránk, hogy az állatról teljes képet adnak. Ismerjük a szőrzet minőségét, hosszát, színét. Részben a fogak redői között maradt eledel, részben a gyomortartalom alapján az állat étrendje is pontosan megállapítható. Sőt, továbbmenően arra is alkalom nyílott, hogy ennek a mammutnak a vérével is különböző kísérleteket végezhessenek, amelyek rokonsági kapcsolataira vonatkozóan adhatnak felvilágosítást.

Az ősmaradványok azonban — sajnos — csak a legnagyobb ritkaságként kerülnek elő ilyen teljes megtartásban. Legtöbbször csak az állatok külső vagy belső szilárd váza marad meg, fosszilizálódik. Néha viszont még a váz sem marad meg, hanem csak a lágy test körvonalát tartalmazza a kőzet lenyomat alakjában. Ezek a maradványok gyakran igen értékesek, mert éppen arról világosítanak fel, amiről egyébként alig lenne tudomásunk.

Kagylóknál, csigáknál például sokszor találkozunk azzal a jelenséggel, hogy a teknő vagy ház anyaga kioldódott, de a két kagylóteknő közti üreget üledék tölti ki,

amely néha még az eredeti kagylóteknő díszítését is elárulja. Az ősmaradványt ilyenkor *kőbél*nek vagy *kőmag*nak nevezzük. Találkozunk olyan esetekkel is, hogy — maradjunk ismét a kagylóknál és a csigáknál — mindössze a külső szilárd váz lenyomata őrződik meg a földtörténeti idők folyamán. Mindezen esetekben magának az egykor élt állati szervezetnek valamely részét őrizte meg a bezáró kőzetanyag.

De ahogyan az állati test megmaradhatott, ugyanúgy maradhatnak meg néha az állati élet megnyilvánulásának a nyomai is. Így ismeretesek olyan leletek, amelyek állatok ürülékének a mgkövesedése révén keletkeztek. Ezeket a kővé vált ürülékeket szintén az ősmaradványok közé kell sorolnunk, mert hiszen ugyancsak a földtörténeti múlt élővilágának a maradványai. Ezeknek a tudományos megjelölésére a *koprolit* szót használjuk (*kopros* — görögül — ürüléket, *lithos* pedig követ jelent).

Az egykori tengerfenék iszapjába fúródott élőlény lakásának a maradványai éppen úgy előkerülnek, mint egyes iszapfaló alakok táplálkozásának a nyomai. Ezen a téren azt mondhatjuk, világviszonylatban is óriási érdeklődésre tarthatnak számot a Nógrádi medence néhány barna kőszénbányájából előkerült életnyomok, amelyeket *Vitális* Sándor professzor ismertetett. Olyan hallatlan mennyiségben jelentkeznek, hogy szinte elcsodálkozunk ezeknek gazdag előfordulásain. Máskor pedig az ejt bámulatba bennünket, hogy ezek az életnyomok szinte mértani pontosságúak. A lakás és táplálkozás nyomain kívül a mozgás és pihenés, sőt kivételesen még a haláltusa nyomai is megmaradhatnak.

Az életnyomok vizsgálata nem is tekint vissza hosszú múltra. Körülbelül 80 évvel ezelőtt ismerték föl először az ősmaradványok sorában az életnyomokat. Azóta persze vizsgálatuk nagy léptekkel haladt előre, az utolsó évtizedekben az ősi élettel foglalkozó tudománynak, a *paleobiológiá*nak már külön ága tárgyalja az őséletnyomokat. A paleobiológiának ezt az ágát *palichnológiá*nak nevezzük.

Mind az életnyomok, mind pedig a szervezetek nyomai együttesen az ősi élet tanúi, s azoknak a kutatóknak, akik életüket az ősmaradványok megismerésének szentelik, sok-sok adatot árulnak el a régmúlt idők élővilágából.

A budapestiek könnyen kijuthatnak vasárnap délelőtt a Pálvölgyi barlanggal szemközt emelkedő Mátyáshegy kőfejtőjébe. Ha a kőfejtő mészkőfalát tüzetesen megvizsgáljuk, csakhamar észrevesszük, hogy a mészkőben lépten-nyomon sajátságos, komplikált szerkezetű keresztmetszetek találhatók. Ezek a keresztmetszetek az egysejtű állatok sorába tartozó egykori élőlényeknek, a *Nummulites*eknek a mészvázát tárják szemünk elé. Mintegy 50—55 millió éve annak, hogy ezek a nagytermetű, mészvázas, egysejtű állatok az akkoriban itt elterült tengert milliószámra benépesítették. Hozzájuk hasonló alakokat ma is ismerünk a tengerekből, s ezek megfigyelése szolgáltat adatokat a régi földtörténeti időkben élt alakok ismeretéhez. Így tudjuk meg, hogy ezek a nagytermetű egysejtű állatok a melegvizű őstengerek fenekén éltek nagy mennyiségben. Amidőn elpusztultak, mészvázuk ott hevert a tenger fenekén. Természetesen nemcsak *Nummulites*ek éltek ott, hanem sok más egyéb állat is, amelyek között nagy számban fordultak elő a mészvázakat pusztító szervezetek is. Bár sok *Nummulites* váza esett áldozatul különböző rákok pusztításának meg más szervezetek romboló munkájának, azért mégiscsak sok — többé-kevésbé sértetlenül — meg is maradt. A tengerfenékre rakódó üledék idővel betemette s ily módon a pusztulástól megvédte. Az üledékanyagba zárt egykori szerves maradvány az üledékkel együtt sok változáson ment át. A változások sorozatát az üledékre vonatkoztatva kőzettéválási folyamatnak, az egykori szerves maradványra vonatkoztatva pedig ősmaradvánnyá válási folyamatnak, vagy a szaknyelvben fosszilizálódásnak nevezzük.

Persze, ha vizsgálódásainkat tovább folytatjuk a Mátyáshegyen, találunk kagylómaradványokat is, de ezek nem olyan gyakoriak. A kagylómaradványok a ma is élő fésűs kagyló *(Pecten)* rokonsági körébe tartoznak. Ezek is tengerben, éspedig normális sótartalmú tengerben élő állatok, éppen úgy, mint az előbb említett egysejtű állatok. Mindkét állat ma élő rokonai a sekélytenger lakói. Ha mindezt figyelembe vesszük, akkor a maiság elve, az aktualizmus alapján leszögezhetjük azt a tényt, hogy az a tenger, amelynek egykori élő szervezeteit ma a Mátyáshegy mészkőbányájában megtaláljuk, normális sótartalmú, melegvizű sekélytenger volt.

A sekélytengerben aránylag gazdagabb élővilággal találkozunk a tenger fenekén, mint a mélyebb tengerekben. Mégis azt látjuk, hogy a mélyebb tengerek üledékeiben is (bár ezek Földünk felszínén jóval kisebb elterjedésben ismeretesek, mint a sekélytenger képződményei), éppen úgy előfordulnak ősmaradványok, mint a sekélytengerben lerakódott kőzetekben. Gondoljuk meg azonban, hogy a tengerben nemcsak a fenéken élnek élőlények, hanem szabadon úszó és lebegő szervezetek milliói is benépesítik a vizet. Persze nemcsak bálnák és halak, hanem jóval kisebb, sőt a nagyon apró, sokszor csak egysejtű szervezetek, a lebegő, ún. planktonikus lények hallatlan tömege is él a tengerben, a parttól nagy távolságban. Ezek éppen úgy, mint a nagyok, elpusztulásuk után lesüllyednek a tengerfenékre, s ott idővel beágyazódnak az üledékbe. A mélytengerek fenekére a felszín közelében lebegő egysejtű szervezetek váza állandóan, szinte esőszerűen hullik alá és óriási tömegben gyűlik össze. Néha a többsejtű állatok váza vagy esetleg kovavázas moszatok is iszap formájában találhatók a mélytengerek fenekén. Idővel ezek is betemetődnek és fosszilizálódnak. Ily módon a parttól távoli tengerrészekben élő szervezetek is előkerülhetnek ősmaradványok formájában. Persze ez jóval ritkább eset, mint a sekélytengeri ősmaradványok előfordulása, mert hiszen az egykori mélytengeri üledékek is — mint mondottuk — ritkábbak ma a felszínen a sekélytengerieknél. De mégiscsak előfordulnak, s így a mélyebb régiók egykori élővilágáról is vannak adataink.

A vízben lebegő *(planktonikus)* szervezetekkel kapcsolatban azt is meg kell jegyeznünk, hogy ezek maradványai — éppen a vízmozgás következtében történő sodortatásuk miatt — megtalálhatók a sekélyebb régiók üledékeiben is.

Ha csigák pusztulnak el a tengerben, haláluk után rögtön megkezdődik a lágy szervek bomlása. Gázok keletkeznek, amelyek következtében a csigaház lebegő, *nekroplanktonikus* állapotba kerül, s eredeti élőhelyétől ily módon távolabb jut ismét a tengerfenékre. Fosszilizációja ilyenkor tehát nem élőhelyén megy végbe. A halál utáni szállíttatás nemcsak csigákkal következhetik be, hanem más állatokkal is, és így mindig gondosan kell megvizsgálnunk azt a kérdést, hogy vajon az előkerült ősmaradvány élőhelyén, *biotóp*jában került-e beágyazódásra. Midőn az élet fejlődéstörténetét vizsgáljuk, ennek a kérdésnek is jelentőséget kell tulajdonítanunk. Ezzel kapcsolatban említjük meg azt a lehetőséget is, hogy a már beágyazódott és fosszilizálódott maradvány a szárazföldre, esetleg partra jutva, a rétegből kimosódhatik s újra beágyazódhatik, de most már fiatalabb korú üledékbe. Ilyenkor azt mondjuk, hogy az ősmaradvány másodlagos lelőhelyre került. Ebben az esetben természetesen még nagyobb zavar keletkezhetik az ősmaradványok kiértékelésében, ha a gondos vizsgálat és megfigyelés elhanyagolásával nem vesszük észre, hogy földtörténetileg különböző korú maradványok kerültek együvé. Szerencsére a másodlagosan beágyazódott ősmaradványok a legtöbb esetben magukon viselik a koptatottság bélyegét.

A tengerben élő szervezetek esetében is igen sok körülmény közrejátszása szükséges ahhoz, hogy az elhalt szervezet beágyazódhassék és fosszilizálódhassék. Ezért a földtörténeti múlt tengeri élőlényeinek csak kis hányada az, ami ősmaradvány alakjában ránk maradt. A tenger élővilágának *(halobiosz)* jóval kedvezőbbek a fosszili-

zálódási lehetőségei, mint az édesvizek és a szárazulatok élővilágának *(limnobiosz* és *geobiosz)*. Mind a folyók és tavak, mind pedig a szárazföld földtörténeti múltbeli szervezetei sokkal kevésbé gyakoriak az ősmaradványok sorában, mint a tengeri formák. Hiszen az előbb már olvastuk, hogy a fosszilizálódás egyik legfontosabb feltétele az üledékkel történő mielőbbi befedés, hogy az elhalt szervezetek ne váljanak teljes egészükben a pusztító erők prédájává. Márpedig a folyókban, tavakban és a szárazon igen sok tényezőnek kell összejátszania ahhoz, hogy a betemetődés bekövetkezzék, s így a dögevőktől, baktériumoktól, oxidációs folyamatoktól stb. a tetem megmeneküljön. Ennek ellenére is ismerünk az édesvíz és a szárazulat élővilágából ősmaradványokat.

Magyarországon is lépten-nyomon találhatunk szárazföldön élt állatoktól származó ősmaradványokat. Hazánk területén nagy szerepet játszik a legfiatalabb földtörténeti múltban keletkezett lösz. Ennek tömege a füves sztyeppre hullott por fölhalmozódásából keletkezett. Az egykori füves pusztákon élt csigák házai löszképződményeinkben sok helyen találhatók meg.

De ahogyan nálunk a legfiatalabb földtörténeti múlt szárazföldi életének maradványai kerültek elő, más helyeken a sokkal-sokkal idősebb egykori élővilágok szárazföldi tanúit is ismerjük, bárha csak ritkán és elszórtan is kerülnek elő. A legérdekesebb ősmaradványok közé tartoznak a borostyánkőbe zárt egykori élő szervezetek. Ezek legtöbbje az ízeltlábúak sorából kerül elő. Néha még párzó rovarok maradványa is előfordul az egykori fenyők ősgyantájában, a borostyánkőben.

De az ízeltlábúakon kívül férgek és gerinces állatok nyomai is találhatók. Ez utóbbiakat toll- és szőrmaradványok képviselik leginkább, de egy kis emlőslábnyomot is megőrzött a borostyánkő.

A paleontológus kutatómunka ismertetett meg bennünket azzal az érdekes élettel, amely a Föld múltjának évszázmilliói alatt bolygónkat benépesítette. Ez az élet folytonosan változott, fejlődött, s így képet nyújt számunkra a régi idők életéről, az élet fejlődéséről. Az ősmaradványok tehát nemcsak az ősi élet tanúi, hanem egyúttal a fejlődés bizonyítékai is.

Állat-e vagy növény?

Könyvünk előző fejezetei megismertettek már az élet keletkezésének a problémájával. Nyomon követtük az életet az első protoplazma-csepp megjelenésétől kezdve a növényvilág fejlődésének egész története folyamán. A növény és állat közötti különbség — több más sajátosságon kívül — elsősorban az *autotróf* vagy *heterotróf* táplálkozásban jelentkezik. Mit is jelent ez a két megjelölés? A növényt autotróf táplálkozásúnak mondjuk, mert a napfényenergia felhasználásával szervetlen anyagokat szerves anyaggá hasonít át *(asszimilál)*. Ezt úgy is mondják, hogy a növény fotoszintézisre képes, mert levélzöldet, *klorofillt* vagy más festékanyagot tartalmaz. Az állatnak nincs meg az a képessége, hogy fotoszintetikus vagy akármi más módon a szervetlen anyagot szervessé alakítsa át. Az állatnak tehát a táplálkozásához már szerves anyagokra van szüksége.

Nagyon érdekes az a kísérlet, amelyet a szerveződés legalacsonyabb fokán álló élőlényekkel végeztek. Az ostoros véglényeket *(Flagellata)* a botanikusok a növények, a zoológusok az állatok közé sorolják. Ennek a kétfelé történő besorolásnak az a magyarázata, hogy egy részük asszimilál, más részük pedig heterotróf táplálkozású.

Így tehát azt kell mondanunk, hogy a növény- és állatvilág közötti határ egy osztályon belül található. Még érdekesebbé válik e kérdés akkor, ha azt is tudjuk, hogy az ostoros véglények között vannak olyanok, amelyek rendszerint növények módjára asszimilálnak, bizonyos körülmények között pedig állatok módjára táplálkoznak. Az ostoros véglények közé tartoznak az *Euglena*-félék. Az Euglenák között találkozunk olyan asszimilációra képes alakokkal, amelyeknek, ha sötétbe kerülnek és megfelelő szerves táplálékhoz jutnak, színtestecskéik, *kromatofor*jaik színtelen ún. *plastidák*ká alakulnak át. Ha megfelelő mennyiségű és minőségű szerves táplálékban részesülnek a sötétbe helyezett Euglenák, nemcsak hogy jól megélnek, hanem tovább szaporodnak. A protoplazma színtelen testecskéi, az előbb említett plastidák azonban sokkal lassabban szaporodnak, mint ahogyan a sejtek osztódnak, s így idővel a sötétben tartott Euglenák egy részének sejtjében már egyáltalában nem lesznek plastidák. Ha most ezt a sötétben tartott tenyészetet ismét kitesszük a napfény hatásának, akkor a meglevő plastidák ismét színtestecskékké alakulnak vissza, amelyek vidáman alakítják át a szervetlen anyagot szervessé. De — ha táplálásukról megfelelően gondoskodunk — a plastidák nélküli sejtek is tovább élnek. Csakhogy most már állatok módjára, heterotróf táplálkozással. Ebben az esetben tehát egyenesen azt kell megállapítanunk, hogy ugyanazon egyedből, osztódások során át, részben növényi, részben pedig állati egyedek alakultak ki.

Az élőlény és környezete

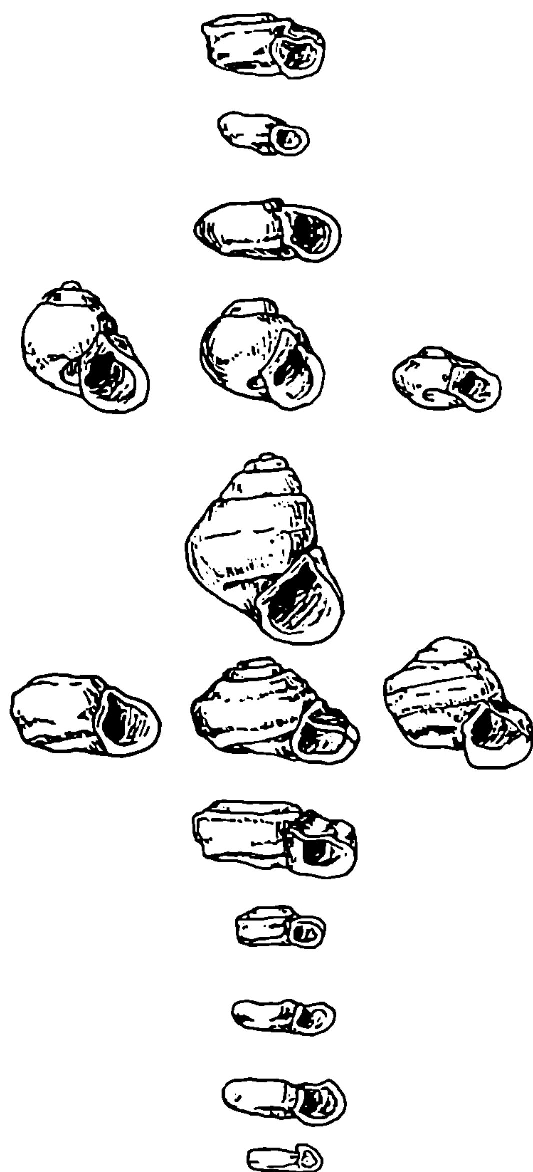
Az elmondott példa az ősmaradványok szempontjából ugyan nem lényeges, mert hiszen sem a színtestecskék, sem a színtelen sejtállomány nem fordul elő fosszilisan, de az élet fejlődéstörténete szempontjából annál fontosabb. Megtanít bennünket arra, hogy az élő szervezet környezetével szoros egységben van, s a környezeti hatások igen jelentős befolyást gyakorolhatnak az élő szervezet fejlődésére.

A környezethatás olyan fontos tényező az élővilág fejlődésében, hogy már itt szeretnénk ezzel kapcsolatosan további példát is felhozni.

A württembergi Steinheim közelében a miocénkor felső szakaszának tekintélyes vastagságú üledéksorát tárták föl. Ebben az üledéksorban ősmaradvány alakjában a *Gyraulus* nevű csigának töméntelen sok példánya található. Az egész feltárásnak és a sok-sok *Gyraulus* példánynak nagy nevezetessége, hogy a rétegsor egyes szakaszaiban a csigaházak megjelenési formája különböző. A feltárás alján levő rétegekből apró termetű és egészen lapos csigaházak kerülnek elő. Följebb haladva a rétegsorban egyszerre csak azt vesszük észre, hogy a csigaházak nagysága gyarapodott. A még magasabban fekvő rétegben a lapos házak helyett már feltornyosodó csigák jelentkeznek. A feltornyosodás egészen különféle mértékben jelentkezik s a rétegsorokban fölfelé haladva egyre kifejezettebbé válik. Még tovább haladva fölfelé, a feltornyosodott csigaház ismét alacsonyabban tornyosodóvá lesz, s fölül megint egészen lapos formákkal találkozunk. A legfelsőbb rétegben azután a ház ismét megnagyobbodik, erősebben domborodik, és utolsó kanyarulatán egy él is felismerhető. Az átmenetek itt, ebben az esetben egészen fokozatosak, hirtelen ugrásszerű változások az egymás fölött következő rétegek alakjain nem láthatók. Így tehát bizonyos, hogy ugyanazon fajnak a fokozatos változásairól van szó. Ha azonban a szélsőséges kifejlődésű alakokat hasonlítjuk össze egymással, bizony olyan nagy különbségeket találunk közöttük, hogyha nem ismernénk az összekötő alakokat, bizonyosan más és más fajnak tekintenénk ezeket (1. ábra).

Ennyi a könnyen megfigyelhető tényanyag. Ennek azonban a magyarázatát is meg kell adnunk. S hosszas vizsgálódás, aprólékos és pontos megfigyelés után sikerült is megállapítani, hogy azon idő alatt, amíg a rétegsor lerakódott s benne a csigák többszörös alakváltozáson mentek át, a külső életkörülményekben, vagyis az ökológiai tényezőkben is többszörösen következett be változás.

A részletes vizsgálatokat oly módon végezték, hogy nemcsak az egyes rétegekben előforduló ősmaradványokat, hanem a bezáró kőzetanyag sajátosságait is messzemenő aprólékossággal tanulmányozták. Persze hosszú idő és sok kutató odaadó, fáradságos munkája volt szükséges, amíg megállapíthatták, hogy a rétegsor lerakódásának kezdetén Steinheim környékén hideg vizű tavacska volt. Ebben indult meg a kőzetanyag leülepedése. A szelvény alján talált apró és lapos házú csigák hideg vizű tóban éltek. Idővel azonban hévforrások törtek itt fel, amelyeknek vize jelentős mennyiségű mészanyagot is tartalmazott. Az édesvízi mészkő kisebb-nagyobb mértékben a rétegsor magasabb tagjaiban, magában az üledékben is kimutatható. Ekkor kezdett jelentősebb mértékben megváltozni a *Gyraulus*ok házépítési módja. Később újabb változás következett be. A mésztartalmú hévforrások vize elapadt s helyette most olyan hévíz tört föl, amelyben kovasavas oldatok voltak. Ezekből édesvízi kovaanyag rakódott le, tehát a csigák számára ismét új ökológiai viszonyok következtek be. Végül ezek is elapadtak, s ismét hideg vizű mocsár alakult ki, amelyben a csigák visszatértek az eredeti házépítés módjára.



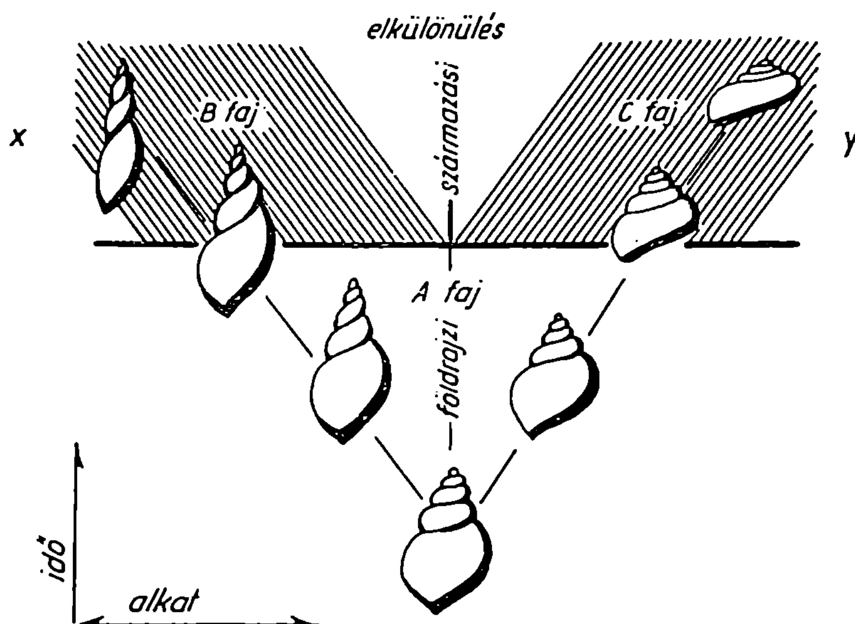
1. ábra. Steinheim környékén a ma is élő tányércsiga felső miocénbeli elődjének, a Gyraulus*oknak a környezetváltozások hatására megváltozott az alakjuk. A lapos ház mindjobban feltornyosodott, majd az eredeti környezeti viszonyok helyreálltával ismét lapossá vált* (Hilgerndorf *nyomán)*

A steinheimi példa azt mutatja, hogy változás megy végbe élőlényeken, ha változik környezetük. Az élettér azonban itt ugyanaz maradt.

Az egyes fajok azonban törvényszerűen terjeszkednek és egyre nagyobb területet népesítenek be.

Vegyük példának megint valamelyik csigafajt és vizsgáljuk meg, mi történik ezzel, ha az idők folyamán eredeti területéről kiindulva újabb élőhelyeket vesz birtokba. Nagyszerűen szemléltethetjük ezt grafikusan is (2. ábra). Az idők során a kép alján ábrázolt csiga két különböző irányban indul el újabb területek meghódítására. Az újabb területeken azonban — megtörténhetik — a régi élőhelyétől eltérő s a két új hely között is egymástól különböző ökológiai viszonyokat talál az állat. Ha ezek az új viszonyok nem olyan kedvezőtlenek, hogy az állat kipusztuljon, akkor igyek-

szik— mint Steinheimben is — a környezet új viszonyaihoz alkalmazkodni. Rajzunkon látszik, hogy bal oldali irányban *(x)* az alkalmazkodás úgy nyilvánul meg, hogy a ház karcsúbbá, tornyosabbá válik. A jobb oldali vonal mentén (*y*) viszont zömökebb forma jön létre. Az új alakok a közös őstől még aránylag csak kisebb mértékben különböznek, egymástól azonban már élesebben eltérnek. Idők múltán, a két irányban továbbhaladva azt látjuk, hogy a megkezdett formaalakulás továbbmegy a maga útján, s végül olyan csigaházak állanak már előttünk, amelyek nemcsak egymástól, hanem a



2. ábra. A földrajzi elkülönülés, azaz a megváltozott környezeti viszonyok hatására a csigahá olyan alaktani módosulásokon megy át, amelyek új fajok kialakulásához vezetnek. Az alka változását mutatjuk be az idő függvényében a földrajzi elkülönülés hatására (Moore—Lalicker —Fischer *nyomán)*

kiinduló alaktól is lényeges, világosan szembetűnő bélyegekben különböznek. Az „A" fajból a földrajzi elkülönülés következtében az „x" és „y" alfaj, majd ezekből most már a további fejlődéssel a „B" és „C" faj jött létre! Íme így történik a változás, az élők világának fejlődése.

Kétszáz évvel ezelőtt a nagy svéd természettudós *Linné*, még nem tudott arról, hogy a földtörténet hosszú ideje alatt a fajok megváltozhatnak. Száz évvel ezelőtt azonban Ch. *Darwin*nak „A fajok eredete" című munkája (1859-ben jelent meg) már kirobbanó siker volt, s alig néhány év alatt a fajok átalakulásának tana átment a köztudatba. A darwinizmus sikere azért volt oly átütő és gyors, mert hiszen a fajok változásának a gondolata akkor, amidőn Darwin korszakalkotó munkája megjelent, a kutatók előtt már nem volt egészen ismeretlen. A „predarwinisták" sorában a francia *Lamarck*, az orosz *Kavercnyev*, és *Rulje* egyaránt hirdették már a fajok változó mivoltát, anélkül azonban, hogy tanításuknak sikerült volna szélesebb köröket meggyőznie. *Darwin* műve volt aztán az az erő, amely a fejlődés gondolatát, az evolúció tanát diadalra vitte.

Darwin tanítása egyszerre megtermékenyítette az élettel foglalkozó tudományokat. Az alakbeli rokonságon túl a törzsfejlődés (*filogenezis*) gondolata alapján a kutatók arra törekedtek, hogy az egyes élő és a földtörténeti múltban már kihalt lények között a rokonsági kapcsolatokat felfedjék, s származástani összefüggéseiket tisztázzák.

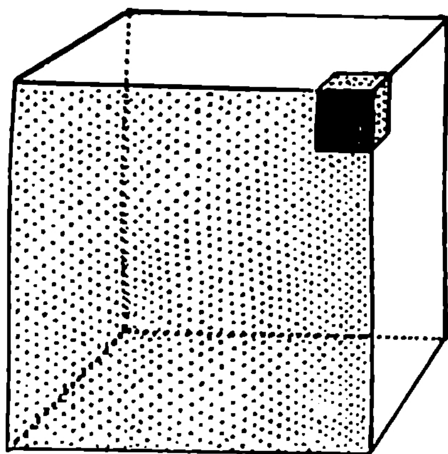
Már a múlt század második felében megindult a törzsfák szerkesztése, amelyek bizony eleinte sokkal inkább voltak a fantasztikus elképzelések, mintsem a tudományos alaposság szüleményei. Az adatok összehangolására bizony eleinte nem gondoltak eléggé, és így a hirtelen összeállított törzsfák, amelyeknek az élővilág fejlődését kellett volna ábrázolniuk, bizony sok téves adatot tartalmaztak.

Nem is könnyű dolog a törzsfák összeállítása, hiszen a földtörténeti múlt élővilágából csak azt ismerjük, ami ősmaradványok alakjában maradt ránk. Emellett Földünk felületének még csak kis hányadát sikerült eddig aprólékosan átkutatni ősmaradványok után, már csak azért is, mert mint tudjuk, a Föld felületének nagyobb részét óceánok, tengerek borítják. S a szárazulatok átkutatottsága is nagyon különböző mértékű.

A ma élő állatvilág fajszámát egy és egynegyed millióra tehetjük. De eltörpül ez az óriási szám, ha összehasonlítjuk (3. ábra) a Föld történetének utolsó fél milliárd esztendejében élt állatfajok számával!

Bizony a sokszor hiányos ősmaradványok mellett így egyáltalán nem csoda, ha a fejlődést a törzsfában nem sikerült kezdettől fogva helyesen ábrázolni. Egy részlet a törzsfából (4. ábra) meggyőz bennünket arról, hogy milyen nehéz olyan törzsfát összeállítani, amely a tényekre támaszkodik, és minden tudományos bírálatot is elbír.

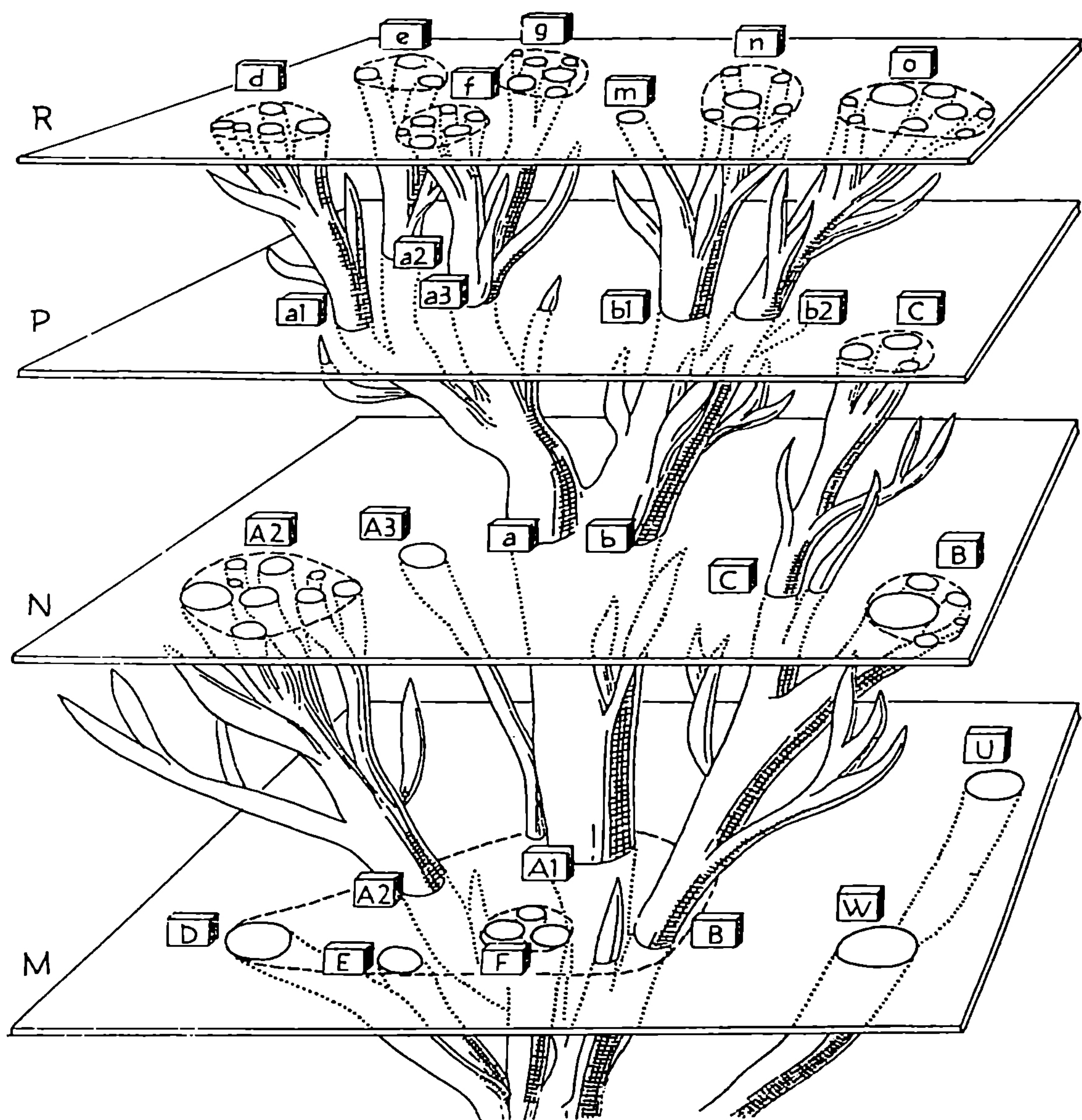
Ábránkban az M, N, P és R betűvel jelzett síkok az élet fejlődéstörténetének pillanatnyi keresztmetszetei. (Ha a „pillanatot" földtörténetileg értjük, akkor esetleg egy-egy emelet élővilágának egy részletét képzelhetjük a síkokban.) Az M sík A_1 és A_2 főága az N síkban már az A_2 sok ágára bomlott szét, az A_1 kettéoszlott a és b ágra, s azonkívül kisarjadt belőle az A_3 is. A P síkon az a már a_1, a_2, a_3 ágcsoportokra tagolódott, a b-ből b_1 és b_2 lett. Mindezek az R síkon még több ágra tagolódva jelennek meg, az a_1-ből a d, az a_2-ből az e, az a_3-ból az f és a g, a b_1-ből az m és n, a b_2-ből pedig az o jelű alakcsoport alakult ki.



3. ábra. A nagy kocka az összes ismert, kihalt és élő állatfajt szemlélteti, s benne a kis — egyik lapján fekete — kocka a ma élő állatfajokat. Ez az arány a földtörténeti múltból ismert és ma is élő állatfajok között (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

De azt is megmutatja ez a rajz, hogy vannak olyan ágak is, amelyek a följebb levő síkot már nem érik el. Az élet törzsfáján is vannak olyan származási vonalak, amelyek kihalt formacsoportokat jelentenek. Sok olyan ősmaradvány ismeretes, amelyeknek ma élő rokonaik nincsenek. Ezek sokszor annyira eltérnek szervezettségükben a ma élő lényektől, hogy csak igen alapos és mélyreható búvárkodással, nagy összehasonlító anyag összevetésével és széleskörű elméleti tudással lehet rokonsági kapcsolataikat megállapítani.

Az evolúció tanától megtermékenyített biológia az elmúlt száz év folyamán óriási léptekkel haladt előre a fejlődés útján. Ennek köszön-



4. ábra. Az élet fájának vázlatos rajza, amely a fajok átalakulását mutatja. Az egyes síkok földtörténeti pillanatokként foghatók fel (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

hető, hogy sikerült olyan törzsfát szerkeszteni, amely az állatvilág fejlődésének nagy vonásait úgy állítja elénk, amint az mai ismeretanyagunknak megfelel. A francia *Cuenot* szerkesztette és némileg módosított törzsfát 5. ábránk mutatja be.

Ez az a törzsfa, amely az állatvilág fejlődését tárja elénk, de mielőtt ennek a törzsfának a részleteit megismerjük, egész sereg fogalmat kell még tisztáznunk.

Egy kis rendszertan

Tisztázandó fogalmainkat most már csak az állatvilághoz kapcsoljuk, hiszen könyvünknek ez a része csak a gerinctelen állatokkal foglalkozik.

Sokan nem szeretik a rendszertant. Mi is a rendszertan? Ha állatrendszertanról beszélünk, akkor az állattannak azt az ágát értjük ezen, amely az állatokat nemcsak megismerteti velünk, hanem törzsfejlődési, rokonsági kapcsolataik alapján azt is meghatározza, hogy az egyes állatfajok milyen nagyobb természetes egységekbe csoportosíthatók.

Az egyes csoportokat valamiféle névvel kell illetni. Hogy a csoportosítás lényegét megérthessük, gondoljunk arra, hogy Földünk felületén is megkülönböztetünk óceánokat és világrészeket. A világrészeknek (éppúgy az óceánoknak is) neveket adtunk. A világrészeken belül országok vannak. Magyarország területét megyékre, ezeket pedig járásokra osztják. A járásokba városok és községek tartoznak. Így folytathatnánk tovább a rendszerezést, ha tetszik, akár az egyes házakig, amelyeket az utcák nevével és házszámokkal, tehát bizonyos rendszert jelző jelekkel látnak el.

Az állatvilág rendszerezésének ismertetésénél induljunk ki a legkisebb egységből. Az állatrendszertanban s így az állati ősmaradványokkal foglalkozó ősállattanban is egység a faj, amely egyedekből tevődik össze.

Mindenki ismeri a kecsekbékát *(Rana esculenta)*. Közeli rokona a tavi béka *(Rana ridibunda)* s ezért a kettőt több más fajjal együtt azonos nembe (nemzetségbe) *(Rana)* helyezik. De ennek a nemnek közeli rokona a jávai repülő béka *(Rhacophorus reinwardti)* is. A *Rana*, *Rhacophorus* és még más közeli rokonnemet egy családban egyesítenek *(Ranidae)*. A leveli béka *(Hyla arborea)* már más családba *(Hylidae)* tartozik. Ezek a családok több más családdal együtt a békák vagy farkatlan kétéltűek rendjét *(Anura)* alkotják.

Talán egy kicsit sok néhány sorban ennyi latin név, de ezt az összefüggések világosabbá tételére használtuk. A kecskebéka végeredményben a kétéltű állatok osztályába tartozik, mint ahogyan sok hasonló vonás alapján ugyanide sorolják a tarajos gőtét meg a szalamandrát is.

Mik a közös jellegek? Először is a „kétéltűség", ami azt jelenti, hogy ezek az állatok életük egy részét a vízben, más részét a szárazföldön élik le. Életük elején kopoltyúkkal, később tüdővel lélegzenek, például a szalamandra és a béka.

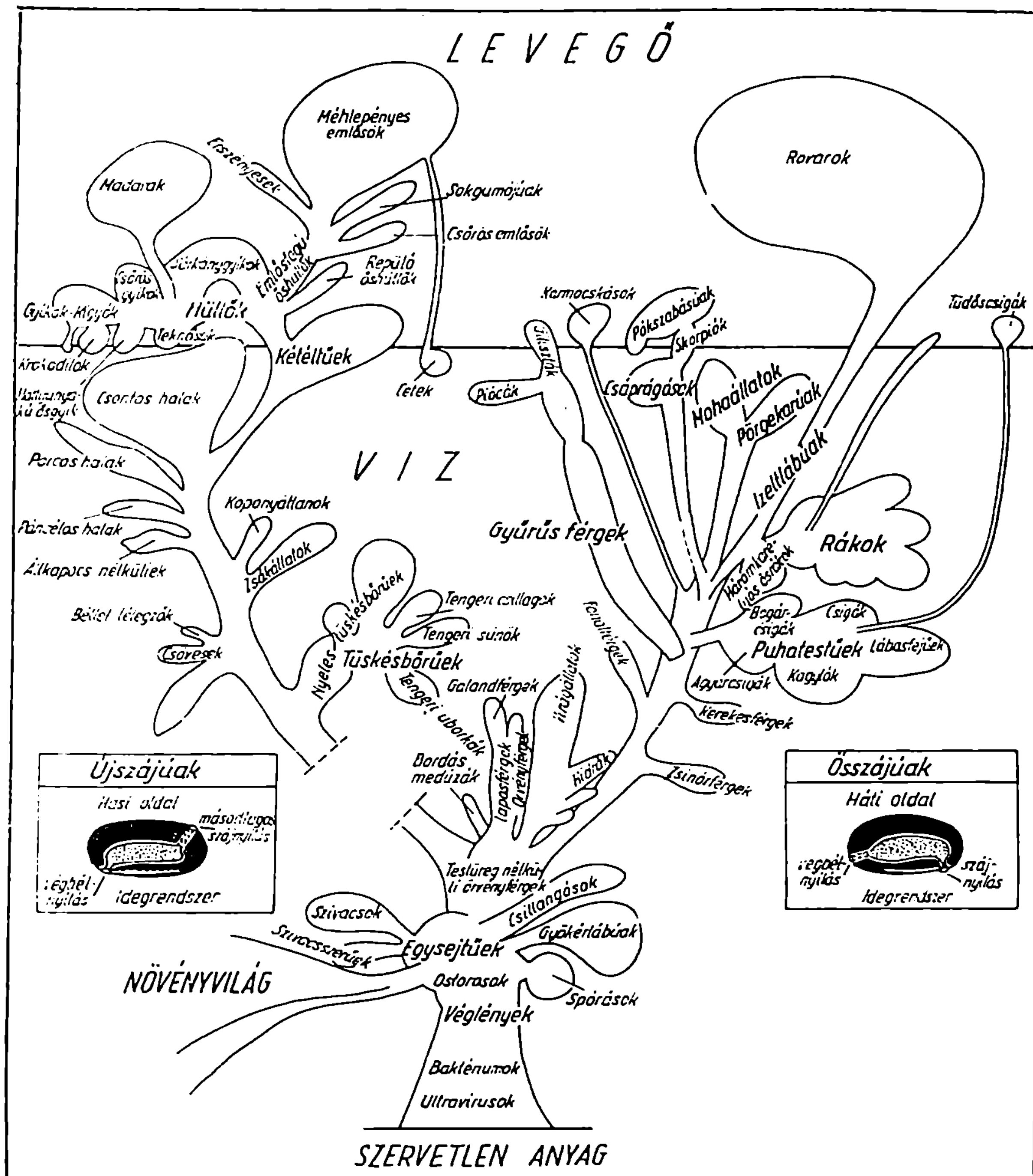
De ezeknek a kétéltűeknek ismét vannak olyan sajátságaik, amelyek alapján más osztályokkal együtt megint magasabb kategóriában egyesíthetők. Ilyen sajátságuk a gerincoszlop, amely közös a halakkal, hüllőkkel, madarakkal, emlősökkel, s így ezekkel ismét egy állattörzsbe foglalhatók: a gerincesek törzsébe.

A nagyon aprólékos rendszerezés persze egész sereg köztes kategóriát is ismer, de hát ezeket mi most itt nem beszéljük meg.

Amint előbbi „közigazgatási" példánkban a falusi kis háztól a községen, a járáson, megyén keresztül az országhoz, világrészhez értünk, úgy jutunk el az állatvilág rendszerezésében is a fajon, nemen, családon, renden, osztályon keresztül az állatvilágot alkotó nagy szervezeti egységekig, a törzsekig.

Nos, ezek a kisebb-nagyobb egységek láthatók az 5. ábrán bemutatott törzsfán is, ahol az életfa nagy ágain néha csak egyes kisebb csoportokat, máskor ismét sok részre tagolt, elágazó hajtásokat tüntettünk fel.

Előttünk áll tehát a nagy törzsfa. Látjuk, hogy tudásunk mai szintjén mint képzeljük el az állati élet fejlődésének sok évszázmilliós menetét. Az állatvilág alakjainak itt feltüntetett kapcsolatait a jelenleg rendelkezésünkre álló ismeretanyag alapján írtuk le. Új leletek jelenthetnek új adatokat, talán módosításokat is szükségessé tesz-



*5. ábra. Mai ismereteink alapján így képzeljük el az élővilág törzsfáját (ábránk részletesen csak az állatvilággal foglalkozik). A baloldali ág megszakítottsága arra utal, hogy az újszájúak származtatása körül még bizonytalanságban vagyunk (*A. H. Müller *nyomán, módosítva)*

nek. Hiszen a ma élő állatok világa is még mindig szolgál újabb és újabb meglepetésekkel.

Alig 30 éve, hogy Afrika partjainak közeléből olyan halat halásztak ki, amelynek rokonsága már mintegy 150 millió évvel ezelőtt kihalt, legalábbis így gondolták a szakemberek. De alacsonyabb szervezettségi fokon álló állatcsoporttal kapcsolatosan is előfordult alig egy évtizede hasonló eset. Itt a Mexikói-öböl negyedfélezer méteres

mélységéből került elő olyan puhatestű állat, amely ennek az ősmaradvány-anyagban is óriási fontosságú állatosztálynak a származására és rokonsági kapcsolataira vet új fényt.

A törzsfa egy helyen hiányos. Őszintén meg kell vallanunk, hogy a jelenleg rendelkezésünkre álló anyag alapján nem tudjuk ezt a hézagot ma kitölteni. Ahhoz, hogy itt is folyamatos lehessen rajzunk, még további leletekre, ősmaradványoknak az előkerülésére lenne szükség.

Mai alakjában azonban nagyon sok tudományos munka, rengeteg megfigyelés és adat volt szükséges ahhoz, hogy igen elmélyült kutatások árán így megszerkeszthető legyen. Gondoljuk meg, hogy az ősvilági élet tanulmányozása a természettudományok egyik legfiatalabb ága, hiszen a tudományos szemléletű, az okokat kereső és meglátó őslénytan alig 150 éves múltra tekinthet csak vissza. Mennyivel hosszabb időre nyúlik vissza a ma oly sok csodálatos eredményt elérő kémia, vagy az évezredek óta tanulmányozott fizika, vagy akár a biológiai tudományok is. Ha mindezt meggondoljuk, akkor csak elismeréssel adózhatunk az ősvilági élet fáradhatatlan búvárainak, akiknek bizony kutatásaik közben az élettelen és az élő anyag vizsgálatában egyaránt otthonosnak kell lenniük.

Induljunk el hát a törzsfa nyomán arra a sok évszázmilliós útra, amely feltárja előttünk e hosszú idő élővilágának hallatlanul lebilincselő és színes fejlődéstörténetét.

AZ ELSŐ ÉLETNYOMOK

Előbbi fejezeteinkben sok szó esett a törzsfáról meg a rendszertanról is. Nyilvánvaló lenne, hogy az állati élet fejlődéstörténetének vázolását azonnal megkezdjük a törzsfa gyökerénél. De hát komoly nehézségeink támadnának így, s ezért először egy kicsit a földtan oldaláról is meg kell világítanunk kérdéseinket. Annak a tudománynak az eredményeit kell most kissé megvizsgálnunk, amely ugyan a szerves élet fejlődéstörténetét is felhasználja kutatásaiban, de ugyanakkor részletesen vizsgálja Földünk anyagának változásait is a hosszú földtörténeti idők folyamán.

Azt már olvastuk az előző sorokban, hogy az ősi élet tanúi kőbe zártan stb. maradtak ránk. Tudjuk azt is, hogy bizony ehhez a megmaradáshoz, a fosszilizálódáshoz sok körülmény együttes összejátszása szükséges. Elsősorban az kedvező tényező, ha az állati szervezet meszes vagy kovás szilárd vázzal rendelkezik, amely lehetővé teszi a fosszilizálódást. Bizony az első állati szervezeteknek aligha volt szilárd váza. A megmaradáshoz az is szükséges, hogy az ősmaradványt magába záró kőzet ne szenvedjen maga is utólag olyan változást, amely a beléje zárt ősmaradványok megmaradása szempontjából káros lenne. S bizony azt kell mondanunk, hogy a Föld történetének azon idejében képződött kőzetek, amikor az élővilág is kialakult, az azóta eltelt hosszú idő alatt többnyire olyan mélyreható szerkezeti változásokon estek át, hogy ha meg is maradt volna bennük valami az élet első nyomaiból, azok tönkrementek, elpusztultak e változások során.

Ezért nem kezdhetjük az ősvilági múltba vezető utat a törzsfa gyökerénél. Ezért kell előbb megismerkednünk azzal az állatvilággal, amely az első életnyomokat jelenti. A földtörténeti ókor első időszakát, a kambriumot megelőzően, a prekambriumból vagy algonkiumból, sőt részben a még ősibb archaikumból származnak ezek az első életnyomok. Jóval több, mint fél milliárd évesek! Nem csodálkozhatunk hát, ha ezek az ősmaradványok nem olyan kitűnő állapotban és nagy számban maradtak ránk, hogy minden szempontból kielégítők lehessenek. S azon sem csodálkozhatunk, hogy maguk az őséletbúvárok sincsenek mind egy véleményen az előkerült maradványokkal kapcsolatban.

Az idők folyamán a prekambriumból egészen tekintélyes számban írtak le ősmaradványokat. A Föld több területén véltek egyre több és több ősmaradványt felismerni az algonkium képződményeiből. A sok maradvány fölött a paleontológia egyik kiváló művelője, *Schindewolf* tübingai professzor tartott seregszemlét, amely bizony nem valami kedvező eredménnyel végződött erre az ősmaradvány-együttesre nézve. Számos prekambriumi ősmaradványnak tartott leletről azt mutatja ki, hogy nem szerves eredetű, másoknak pedig, amelyek kétségtelenül egykori élőlényektől származnak, algonkiumi korát vonja kétségbe. De nézzük meg egy kicsit részleteiben is ezeknek a 600—700 millió éves, sőt még idősebb ősmaradványoknak egyáltalában nem érdek-

telen tudománytörténeti eseményeit. A századfordulón még az volt a remény, hogy a földtani kutatások fejlődése magával fogja vonni az egyre idősebb földtörténeti szakaszok ősmaradvány-anyagának ismeretét is. Annyi mindenesetre bekövetkezett, hogy az „algonkiumi ősmaradványok" száma azóta nagymértékben megszaporodott. A sok „ősmaradvány" azonban sok bírálatot is vont maga után, s mint a legújabb összefoglalásból látjuk — bizony méltán. Így *Cleaves* és *Fox* Grönland keleti részéről erősen töredékes pókszabású „ősmaradványt" írt le. Úgy gondolták, hogy hasonlít az Ausztráliából már ismert alakhoz, s így annak rokonsági körébe helyezték. Ezzel azonban — ugyancsak az ausztráliai pókszabásúra *(Sidneyia)* történt hivatkozással — kijelentették egyúttal azt is, hogy azok a kelet-grönlandi rétegek, amelyek a *Sidneyia groenlandica* néven leírt formát szolgáltatták, a középső kambriumba tartoznak. A később végzett földtani vizsgálat azonban azt igazolta, hogy a lelőhely rétegsora az algonkiumba tartozik. E szerint tehát a *Sidneyia groenlandica* is algonkiumi lett volna. A tüzetes újravizsgálat meglepő eredményt hozott: az egyetlennek vélt maradvány helyett egész sor került elő. A sok példány alapján azonban az is világossá vált, hogy ezek bizony egykori hullámbarázdák elmosódott, sérült nyomai, s éppen a sérülések okozták azt a szelvényezettséget, amely az első leírókban ízeltlábú állat képzetét keltette. Így aztán ezt a „pókszabású ősmaradványt" törölnünk kell az egykori élőlények sorából, mert hiszen a maradvány teljes egészében szervetlen eredetű.

Ki ne ismerné közülünk az agyagos talajnak azt a tulajdonságát, hogy kiszáradó felszíne repedezetté válik, felcserepesedik? A *Manchuriophycus* néven Kelet-Ázsiából leírt és prekambriumi moszatnak tartott nyomban az utólagos vizsgálat ugyancsak ilyen kiszáradási folyamattal kialakult szervetlen jelenséget talált. Alig pár évvel ezelőtt Svédország prekambriumi rétegeiből is említettek bizonytalan jellegű ősmaradványokat. Ezeket szerzőik közelebbről már nem is osztották be semmiféle élőlénycsoportba, csak éppen utaltak szerves eredetük lehetőségére. Más kutatók részéről történt további vizsgálat ezekről a nyomokról is kimutatta szervetlen eredetüket. Kiderült, hogy a kérdéses „ősmaradványok"-hoz hasonló képződmények sokkal fiatalabb földtörténeti idők rétegeiben is jól felismerhetők, s keletkezésük kétségtelenül a kiszáradó agyag repedezettségével hozható kapcsolatba. Az Anti-Atlas algonkiumából a kitűnő francia kutató, *Hupé* egész sor ilyen maradvány képét közölte, megjegyezve, hogy az első példányok megtalálása nagy örömet okozott neki: azt gondolta, egykori élő szervezetek ősmaradványait találta meg. Rövidesen azonban felismerte tévedését, de továbbra is lelkesen gyűjtötte ezeket az „álkövületeket", amelyeket aztán pontos és hosszas munkával analizált ki eredetüket illetően. Ezeknél az afrikai leleteknél már arra is találunk példát, hogy az agyag repedéseinek utólagos kitöltődése hoz létre olyan szerkezetet, amely könnyen emlékeztet a valóságos ősmaradványokra.

Ilyen repedés-kitöltésnek minősítik ma már azt a leletet is, amely a roppant nehezen kimondható *Protadelaidea howchini* nevet viselte. Adelaide környékéről 1926-ban írták le, mint olyan algonkiumi ősi ízeltlábút, amely fejének egyes szelvényei még nem olvadtak össze teljesen. Az ízeltlábúakon belül külön csoportot is állítottak föl ezen maradvány számára: az ízeltfejűek *(Arthrocephala)* osztályát. Nos, erről a híres ausztráliai leletről is kiderült a szervetlen eredet!

A nagyhírű Sederholmtól *Corycium enigmaticum* néven leírt, igen jellemző alakú képződmény szenes anyagáról *Rankama* kimutatta, hogy szerves eredetű. *Schindewolf* azonban azt hangsúlyozza, hogy az *anyag* szerves eredete nem jelenti egyúttal azt, hogy jellegzetesen ismétlődő formákban egykori szervezet *alak*ját lássuk. Szerinte az alak tisztára mechanikusan jött létre, vékony — akár szerves, akár szervetlen eredetű — szénlemezke besodródása következtében.

Sajnos, az élet fejlődéstörténete szempontjából, legalábbis a mai ismereteink szerint, egyelőre teljességgel lényegtelen, hogy a *Corycium enigmaticum* milyen eredetű. Ha anyagának és alakjának szerves, organikus mivoltát föl is tételezzük, nem juttat bennünket előbbre ennek a földtörténetileg is nagyon-nagyon régi nyomnak a valódi mivoltát illetően.

Egy további, hasonlóan nagyhírű maradványt *Eozoon*, azaz a hajnalkor állata néven írtak le. Ilyen maradványok egyebek között Kanadából is ismeretesek. Ezek kapták az *Eozoon canadense* nevet. De hasonló maradványok előkerültek később Csehország, Skócia és Skandinávia területéről is. Ezeket meg *Eozoon bavaricum* néven emlegették. A körkörös szerkezetű felépítés először azt a gondolatot ébresztette, hogy itt óriási egysejtű állatok, *Foraminiferák* vázát találták meg. Rendkívül mélyreható vizsgálatok során azonban *Möbius* már 1878-ban beigazolta, hogy az *Eozoon* néven leírt maradványok egytől egyig szervetlen eredetűek: a *szerpentin* nevű kőzet *gumói*.

Így aztán megint szertefoszlott egy hiedelem a földtörténeti őskor egyik szervesnek vélt maradványáról.

Minden olyan maradvány, amely a földtörténeti ókor előtti időkből, akár az archaikumból, akár az algonkiumból előkerült, érthető módon óriási érdeklődést váltott ki. Persze az ilyen maradványok megtalálói már eleve bizonyos elfogultsággal ismertették leleteiket, s igyekeztek azok szerves eredetét igazolni. Egész sereg olyan név vált ily módon közismertté, amelyeket 2—3 évtizeddel ezelőtt még csaknem minden tankönyvben tárgyaltak. Algák egész soráról volt szó; a népszerűsítő irodalom is megemlékezett a szivacsnak vélt *Atikokania* maradványról; csigának minősítették a Colorado mély szurdokának falából *Chuaria* néven leírt képződményt. Ezekben az újabb kutatások alapján ugyancsak nem láthatunk többé szerves eredetű maradványokat. Az algonkiumból előkerült maradványoknak ez a csoportja azonban már nem kiszáradási repedések és azok utólagos kitöltésével jött létre, hanem a kőzettéválás folyamatában, *diagenetikus* úton képződött. Pedig mennyi reménység fűződött hozzájuk a földtörténeti múlt e nagyon ősi szakaszának élővilága szempontjából.

E sorok írója is egyetemi vizsgáira és szigorlataira hallatlan buzgalommal igyekezett megtanulni valamennyi ősmaradványnak vélt képződmény nevét, s ifjúi lelkesedéssel próbálta elképzelni, miféle élőlényektől származhattak. S íme az újabb kutatások, a tökéletesebb műszerek és teljesebb ismeretanyag most mind azt igazolja, hogy e sok-sok név megtanulása fölösleges volt.

Az 1952-ben Algirban tartott XIX. Nemzetközi Geológus Kongresszuson is nagy feltűnést keltettek az afrikai Anti-Atlas prekambriumi képződményeiből említett állítólagos szerves maradványok. A nagyhírű *Termier* házaspár és *Choubert* nagyobbrészt moszatok maradványaként emlegette a leleteket. Miután azonban maguk sem voltak teljesen biztosak vizsgálati eredményeikben, felszólították a világ paleontológusait a leletek újravizsgálatára és értékelésére. Ezek a vizsgálatok azt a megállapítást eredményezték, hogy a leletek nagy része — mint *Hupé* maradványai is — szervetlen eredetű. Az üledékképződés folyamán létrejött gömböcskés szerkezetű anyag a hegységképző erők hatása folytán és egyéb behatásokra ölti csak föl azt a szerkezetet, amely a kutatókat megtéveszti. De mennyi erőfeszítést jelentenek megint ezek a maradványok a tudomány számára! Aprólékos kőzettani vizsgálatok egész sorát kell még elvégezni ahhoz, hogy keletkezésük pontos körülményei minden nézőpontból megnyugtatóan tisztázhatók legyenek.

Már említettem, hogy a földtörténeti ókor előtti időkből felsorolt ősmaradványok számát még egy másik tény is csökkentette. Több olyan leletről, amelynek valódi ősmaradvány jellegéhez kétség nem fér, az derült ki, hogy korban fiatalabbbak, mint ahogyan eleinte gondolták, s ezért törlendők az algonkium ősmaradványainak sorából.

Ezek közül csak egyről szeretnék részletesebben megemlékezni, már csak azért is, mert ennek a maradványnak a történetével és jellegével a földtan és őslénytan népszerűsítésével a magyar irodalomban jelentős érdemeket elért, néhány éve elhunyt szaktársunk, *Gaál* István is sokat foglalkozott. Ez a maradvány a *Xenusion auerswaldae*.

Köztudomású, hogy az Északnémet-síkság területét a földtörténet legközelebbi múltjában, a pleisztocénben jég borította. Az északról dél felé mozgó jégtömegek Skandinávia területéről, ahol a földtörténeti múlt ősi szakának kőzetei játsszák a legnagyobb szerepet, kisebb-nagyobb kőtömböket hoztak magukkal morénáik anyagában. Ezek a kőtömbök a jégpáncél elolvadása után ottmaradtak az Északnémet-síkság területén, s bizony éppen elég fejtörést okoztak idegenszerűségükkel a geológusoknak mindaddig, amíg eredetük ki nem derült. Ma mint „vándorköveket" szinte már egyenként ismerik és tartják számon ezeket a messze északról idekerült ősvilági tanúkat. Egy ilyen vándorkőből került elő a *Xenusion auerswaldae* is. A *Xenusion* név — talán kissé szabadon fordítva a görögből képzett szót — messziről jött idegent jelent. A lelet faji neve pedig egy bizonyos *Auerswald* grófnőre vonatkozik, aki főnökasszonya volt annak az apácakolostornak, amelynek kertjéből ez a maradvány előkerült. *Pompeckj* írja le, aki a berlini egyetem professzora volt. Ez a *Xenusion* bizony igen magas szervezettségű állatra utal már. Amolyan átmenetfélének tekinthető a gyűrűsférgek és az ízeltlábúak között. S ami a legmeglepőbb, minden jel arra mutat, hogy ez a furcsa nevű állat levegőből lélegzett; nem vízben élő alak volt.

Mai ismereteink szerint nemcsak az algonkiumból, hanem még a földtörténeti ókor legelejéről, a kambrium időszakából sem ismertünk szárazföldi lényt, legfőképpen nem ilyen aránylag már magas törzsfejlődési állapotot képviselő állatot. Bár a kőzettani jellegek kambrium előtti vagy kambriumi korra engednek következtetni, a magunk részéről már csak azért is lehetetlennek tartjuk, hogy a *Xenusion* a kambrium előtt (vagy akár a kambrium folyamán is) élt volna, mert mint mondottuk — semmi adat nem áll eddig ezen az egyen kívül rendelkezésünkre, amelynek alapján megengedhető lenne szárazföldi állatok létének feltételezése a földtörténetnek ebben a nagyon régi szakaszában.

Fejezetünk címében az első életnyomokat említettük. Kétségtelen, hogy az első élőlények már megvannak a prekambriumban. Hiszen pillanatig sem lehet előttünk vitás, hogy akkor, amikor az algonkiumot követő földtörténeti ókor legidősebb szakában, a kambriumban már igen fejlett állatvilág gazdag ősmaradvány-anyagával találkozunk, talán logikai szükségként is el kell fogadnunk azt a tényt, hogy az algonkiumban is már igen változatos, sőt bizonyos fokig igen fejlett életnek kellett lennie. Ma általában mintegy 600 millió évvel ezelőttre teszik a kambrium kezdetét. Azt kell mondanunk, hogy ennek az utolsó 600 millió évnek a fejlődéstörténete többé-kevésbé világosan áll előttünk. Az előtte levő fejlődésről azonban — sajnos — igen keveset tudunk közvetlenül ősmaradványok alapján. Pedig nyilvánvaló, hogy az első élőlény megjelenésétől a kambrium már annyira színes, változatos és sok magas törzsfejlődési állapotot is jelző állatvilágának kialakulásáig rendkívül hosszú időnek kellett eltelnie.

Azok a vizsgálatok és meggondolások, amelyeket a kémia és fizika hallatlan iramú fejlődésével kapcsolatosan az élet kutatására vonatkozóan ismertettek, azt mondják, hogy az élővilág fejlődésének időtartama a kambriumig talán 2—3-szorosan is felülmúlja az azóta eltelt időt. Az, hogy ennek az igen hosszú fejlődési időnek az élőlényei ősmaradványok formájában nem ismeretesek olyan mértékben, mint a későbbi időkből, az akkori élővilág alakjainak szervezeti felépítéséből is következik. Azok az élőlények bizony fosszilizációra még nem voltak alkalmasak.

Mindennek ellenére is az algonkiumból — az eddigi sok tagadást tagadva — szin-

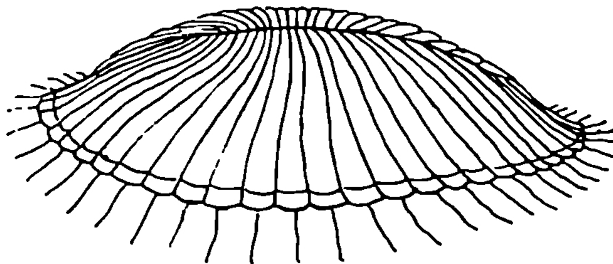
tén ismerünk már olyan ősmaradványokat, amelyek kétségtelenül élőlényektől s köztük állatoktól is származnak.

Föltehető, hogy azok a nyomok, amelyeket Bretagne algonkiumi rétegeiből a legalacsonyabbrendű és kicsiny szervezetek egyik legkitűnőbb ismerője, a francia *Deflandre* néhány évvel ezelőtt említett és *Palaeocryptidium cayeuxi* néven leírt, valóban az ún. *Hystrichosphaeridák*hoz tartoznak.

Talán Dél-Ausztrália algonkiumi ősmaradványaira vonatkozó ismereteink a legkorszerűbbek jelenleg. Ezeket a bécsi származású, a két világháború közti időben nálunk is többször megfordult, most azonban már évtizedek óta a dél-ausztráliai Adelaide egyetemén működő *Glaessner* professzor 1959-ben, majd a XXI. Nemzetközi Geológus Kongresszuson Koppenhágában (1960-ban) is ismertette. Az ő adatai alapján arra következtethetünk, hogy kovavázas egysejtű állatok, a sugárállatkák *(Radiolaria)* vázrészeinek jelenléte a dél-ausztráliai algonkiumból föltételezhető (Bretagne-ból már régebben is említettek algonkiumi sugárállatka maradványokat, de ezek később vagy fiatalabbaknak bizonyultak, vagy szervetlen eredetűeknek). Biztosabban állapítható meg medúzaszerű alakok egész serege. Ezek sorában ugyan találunk olyanokat is, amelyeket csak 1—2 példány képvisel, többségükben azonban eléggé gyakoriak. Megállapította *Glaessner* professzor olyan koralloknak a jelenlétét is, melyek a kislányok karperecét adó ma élő nemeskorall rokonságába tartoznak. Gyűrűsférgek (ilyen pl. a földigiliszta is) maradványai is ismeretessekké váltak. Az algonkiumi maradványok sorában gyakoriak a *Dickinsonia* (6. ábra) néven leírt alakok. Ezeknek szerves eredete laikus szem számára sem kétséges, csupán a rendszertani helyzete körül folyik még a vita: a gyűrűsférgek közé sorolhatók-e, mint a pióca? Sokkal valószínűbb, hogy a medúzákkal áll rokonságban. *Glaessner* két olyan típusú ősmaradványt is leírt, amelyeket semmiféle más élőlénytípussal nem tud egyeztetni. Hallatlanul izgalmas kérdések ezek az élet fejlődéstörténete szempontjából! A kutató tudós sokszor alig reméli, hogy a megoldatlan kérdéseket jobb állapotú és még több ősmaradvány segítségével sikerül megoldania. Aztán megint újabb leletek kerülnek elő, s ezek újabb bátorítást jelentenek a tudomány művelői számára!

Az algonkium legmagasabb szervezettségű állatainak nyoma jelenleg az észak-amerikai Belt-hegység keleti oldaláról származik, ahonnan *Lingulella montana* néven olyan maradványt ismertettek, amely a pörgekarúakhoz tartozik. A pörgekarúak az állatvilágban — az újabb rendszerek szerint — már magas törzsfejlődési állapotot képviselnek. A Belt-hegységből leírt alak valóban pörgekarúnak tűnik, bár a közelebbi meghatározása aligha lehet helyes. A kételyt az okozza, hogy a *Lingulellák* a későbbiekben nemigen nőnek meg olyan nagyra, mint ez az alak.

Ha most összegezzük e hosszúra nyúlt fejezetünk adatait, akkor azt kell megállapítanunk, hogy a prekambriumi időkből is ismeretesek már ősmaradványok, s ezek között vannak már magas törzsfejlődési fokot képviselő alakok is. Nyilvánvaló, hogy az élet kialakulása sokkal hamarabb kellett hogy megtörténjék. Ha előbb arra hivatkoztunk, hogy a kambrium 600 millió évvel ezelőtt kezdődött, akkor most még azt is hozzátehetjük, hogy a *Termier* házaspár



6. ábra. Ausztrália algonkiumkori rétegeiből ismert Dickinsonia. *Redszertani helyzete vitatott; leginkább medúzákkal hozható kapcsolatba* (Glaessner *nyomán)*

egy 1960-ban megjelent munkájában 2650 millió évesnek becsüli azt a legrégibb kőzetet, amelynek keletkezésében valószínűleg moszatoknak szerepük volt!

Az élővilág kialakulásától a kambriumi időszak gazdag és már magas fejlettségű alakjainak jelentkezéséig tehát hosszú idő telt el. Ezért itt most már nem követjük időben az állatvilág fejlődését, hanem megpróbáljuk a legegyszerűbbtől az egyre jobban specializált alakokig történő fejlődést az egyes származási vonalak mentén felvázolni. Így talán világosan fog előttünk állni, miként következett be az állatvilág fejlődésében az egyre magasabb szervezettségű, bizonyos életkörülményekhez mind jobban alkalmazkodó csoportok kialakulása.

Más szóval ez annyit jelent, hogy csak szemléletünkben követjük az évmilliók folyását, de az idő függvényében mindig csak keresztmetszet-részeket ragadunk ki egy-egy állattípus fejlődéséről. Hiszen az egymásután következő idők élővilágát sorozatunkban a Föld című kötet már ismertette.

Visszatérés a törzsfához

Könyvünknek ez a része a gerinctelen állatok fejlődéstörténetét szeretné úgy bemutatni, hogy a fejlődés egyes mozzanatai önmagukban is megismertessenek bennünket ennek a folyamatnak a törvényszerűségeivel. Előbb azt olvastuk, hogy egyes származási ágak nyomonkövetésével fogjuk bemutatni az egyre tökéletesedő típusok egymásutánját. Ehhez azonban — úgy véljük — először az szükséges, hogy mindennapi életünk többé-kevésbé jól ismert állatain az egész állatvilág szervezettségéről képet adhassunk. Ehhez szolgáljon segítségül az a törzsfa, amelyet az 5. ábránkon már bemutattunk.

Ez a törzsfa a szervetlen anyagból indul ki, s a vírusokon keresztül jut el azokhoz az egysejtű lényekhez, amelyeket hol a növények, hol pedig az állatok közé szoktak sorolni. Egy előbbi fejezetünkben már láttuk, hogy mi a különbség állat és növény között. De azt is láttuk, hogy egyes élőlényeknél egyszer növényekre, máskor állatokra jellemző sajátosságokat találunk. Ezeket az alakokat éppen ezért sok kutató *Protista* néven foglalja össze. Magyarul — nem valami szerencsés szóval — véglényeknek mondjuk ezeket. Talán azért kell ezekről itt részletesebben is beszélnünk, mert fontos csomópontot alkotnak: valószínűleg innen indult ki a fejlődés az élők világának két külön ága irányában. Az egyik ág a napfényenergia segítségével *autotróf* (önálló) táplálkozást folytató növényeket, a másik pedig a *heterotróf* (más szervezetre utalt) táplálkozású állatokat jelenti.

Az állati táplálkozású alakok sorában is óriási változatosságban találkozunk olyanokkal, melyek egész életük folyamán mindössze egyetlenegy sejtből állnak. Ilyen az eléggé közismert *Amoeba.* A változatosság megnyilatkozik sok minden egyéb között abban az őslénytani szempontból is roppant fontos momentumban, hogy soknak közülük szilárd váza is van, amely fosszilizációra alkalmas. Sőt kiterjed a változatosság a váz anyagára is. Ezeket az állatokat együttesen egysejtű állatoknak *(Protozoa)* nevezzük.

Az egysejtű állatokkal állítható szembe azután az állatvilág összes többi tagja: a *soksejtűek.* Egyedi életük legkezdetibb szakán ezek is egyetlenegy sejtből állnak. Megtermékenyítés után ez az egyetlen sejt osztódni kezd, s többsejtű állattá válik.

A többsejtű állatok világa azonban szintén sok-sok szervezettségi formát, különböző fejlettségi állapotot tüntet föl, amelyek alapján nemcsak rendszerezésük, hanem fejlődéstörténetük tisztázása is lehetségessé válik.

Törzsfánk aljából a jobb felé kiágazó hajtások az egysejtű állatokat jelentik még. De bal felé, a növényvilághoz vezető nagy ág fölött is látunk két levelet. Egyik ezek közül a szivacsokat jelenti, a másik pedig egy a földtörténet folyamán már régen kihalt és különben is csak igen rövid ideig élt csoportot. Ez a két levél az *álszövetes állatokat* foglalja magában. Testük már sok sejtből áll, de ezek még nem alkotnak valódi szöveteket.

A valódi szövetekkel rendelkezők legalacsonyabb szervezettségű csoportja, a *testüregnélküli állatok* különböző típusait képviselő hajtások fölfelé indulnak ki. *Hadži* elképzelése szerint ezek legfejletlenebb állapotukban az ún. testüregnélküli örvényférgek. Ebből a csomópontból — a testüregnélküli állatok típusain kívül — más igen fontos származási sorok is kiindulnak. A testüregnélküliek sorába az ősmaradvány-anyagban is fontos szerepet játszó *csalánozó* állatok is beletartoznak. Ezek között közismertek a virágállatok vagy korallok, amelyekről már előbb is megemlékeztünk. Olyan állatok ezek, amelyeknek — a szivacsokkal szemben — ugyan már valódi szöveteik vannak, azonban testüregük még nem alakult ki. Az a tény pedig, hogy az ősmaradvány-anyagban a korallok nagy tömegben, sőt néha kőzetalkotó mennyiségben is szerepelnek — arra utal, hogy kövesülésre alkalmas vázrészeik is vannak.

A testüregnélküliek csomópontjából két oldal felé indul ki két nagy ág. Mindkettőben már testüreges állatokkal találkozunk. A két ág alakjai között ebből a szempontból tehát megegyezést látunk. Ha azonban fejlődési vonalukat az egyed kialakulásán keresztül vizsgáljuk, érdekes, mélyreható és alapvető különbséget figyelhetünk meg a két ág alakjain. A jobb oldaliakon, amelyeket *ősszájúak*nak *(Protostomia)* nevezünk, a kifejlett egyed szájnyílása a barázdálódó petesejt bélcsíra *(gastrula)* állapotában megjelenő ősszájnyílásból alakul ki. A végbélnyílás másodlagosan jön létre. Az ősszájúak sorában azt látjuk, hogy az idegrendszer-kezdemény helye a bélcsatorna alatt fekszik, vagyis az állat hasi oldalán.

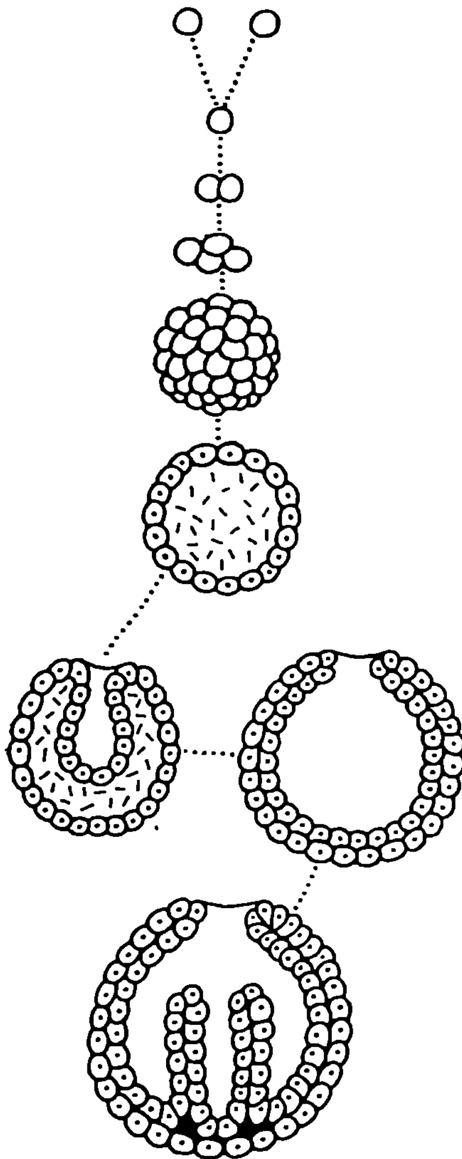
A bal oldalon kiinduló ág származástani viszonyai sok szempontból még tisztázatlanok. Ezt jelenti a nagy ág megszakítása. Itt helyezkednek el az *újszájúak*: az egyed szájnyílása másodlagosan jön létre és nem a bélcsíra ősszájnyílásából. Ez az ősszájnyílás az egyedi fejlődés folyamán vagy bezárul, vagy pedig abból alakul ki a végbélnyílás. Az idegrendszer-kezdemény helye is ellentétes, mint az ősszájúaknál: itt ugyanis a bélcsatorna hátfelőli oldalán helyezkedik el.

Minden eddig végzett tanulmány és vizsgálat azt a felfogást igazolja, hogy az újszájúak nem az ősszájúakból fejlődtek ki. Ezt a felfogást tükrözi törzsfánk is. Ezen a téren, sajnos, egyelőre még arra vagyunk kényszerítve, hogy olyan őstestüreges állatot tételezünk fel, amelyből a fejlődés egyik iránya az ősszájúak, másik iránya pedig az újszájúak felé vezetett.

Ahhoz, hogy mindezt a sok fogalmat kissé jobban is tisztázhassuk, vessünk pillantást a többsejtűek egyedi fejlődésének kiinduló mozzanataira.

A megtermékenyített petesejt osztódni kezd. A petesejt utódai egyidejűleg, azaz szinkron módon tovább osztódnak. Így az egy petéből először kettő lesz, ebből négy, majd nyolc, azután tizenhat stb. A petének ez a barázdálódása az egyes állatfajokra jellemzően különböző lehet, s a biológusok ily módon a barázdálódásnak sokféle módját különböztetik meg és illetik különböző nevekkel. Számunkra itt elég, ha leegyszerűsítve nézzük a petefejlődés menetét s azt mondjuk, hogy a pete többszöri osztódása, barázdálódása után jön létre a szeder gyümölcsére emlékeztető szedercsíra állapot *(morula)* (7. ábra). Vannak olyan ma élő állatok, amelyek egyedi fejlődése ebben az állapotban megáll. Élősködők s *Moruloidea* néven emlegetik őket.

A szedercsíra állapot után megfigyelhető sok állat sejtjeinek olyan rendeződése, hogy gömbfelületen helyezkednek el. Az egy rétegből álló gömbfalon belül üreg van. Ez a hólyagcsíra *(blastula)* állapot. A belső üreget blastocoelnek nevezik. A felület sejtjeinek egy része most ún. embrióképző sejtmozgásokkal bevándorol vagy betüremkedik a hólyagcsíra belsejébe. A betüremkedés helye az ősszájnyílás *(blastoporus)*. Erről beszéltünk akkor, amidőn az ősszájúak és újszájúak ágát emlegettük.



7. ábra. A többsejtűek ivaros szaporodásakor két csírasejt egyesüléséből, a megtermékenyített petesejtből először két, majd négy sejt lesz. Ebből a szedercsíra, majd a hólyagcsíra, s ennek további fejlődésekor egy sejtréteg betüremkedésével az ősszájnyílás alakul ki. A bélcsíra ezután jön létre (Telegdi—Roth K. *nyomán)*

A hólyagcsíra állapot után végbemenő embrióképző mozgások útján alakul ki a bélcsíra *(gastrula)*. Vannak olyan állatok, amelyeknek az egyedi fejlődése ezen az állapoton nem is jut túl. A hólyagcsírával szemben a bélcsíra fala már 2 sejtrétegből, a külső csíralevélből *(ektoderma)* és a belső csíralevélből *(endoderma)* áll. Ennek a bélcsírának a külvilággal az ősszájnyíláson keresztül közlekedő belső ürege az ősbélüreg. A külső és belső csíralevél némely állattípus bélcsírájában érintkezik egymással, másoknál kocsonyás jellegű középréteg *(mesogloea)* fekszik köztük. Ebben a középső csíralevélnek *(mesoderma)* mintegy a hírnökét láthatjuk.

A gastrula állapotban maradó állatok alkotják az állatvilágnak azt a csoportját, amelyet fentebb testüregnélkülieknek *(Acoelomata)* neveztünk. A testüreges állatok *(Coelomata)* egyedi fejlődése azonban ezen az állapoton túl, a középső csíralevél kialakulásával kezdődik. Ezzel egyidejűleg alakul ki a testüreg is, amely végeredményben a kialakult bélcsatorna és a testfal közötti üreget jelenti. A *testüreges állatok* egy bizonyos szervezettségi fokán túl a testüreget minden oldalról a középső csíralevélből származó hámfal veszi körül. Ilyenkor már másodlagos testüregről beszélünk. S ennek a kialakulásában ismét jelentős különbség figyelhető meg az ősszájúak és az újszájúak között. Ezeknek a részleteknek a vázolása azonban már túl messze vezetne bennünket.

Célunk csak annyi volt az egyedfejlődési mozzanatok ismertetésével, hogy bemutassuk, mint függenek össze az egyedfejlődés kezdeti stádiumai az 5. ábránkon feltüntetett törzsfával. Talán felismerhető már ebből a rövid ismertetésből is, hogy az egyedi fejlődés egymás után következő egyes állapotai és az egész állatvilág törzsfejlődési menete között szoros összefüggés van.

Véglények és elektronmikroszkóp

A növény- és állatvilág határa, mint láttuk, nem is húzható meg mindig olyan élesen, amint azt a köznapi életben gondoljuk. Az egysejtű szervezetek sorában már emlegettük a véglényeket, amelyek az élők világának két hatalmas birodalma határán találhatók. Persze, botanikusok és zoológusok egyaránt sokat foglalkoznak ezekkel a szervezetekkel, sőt újabban már a paleontológusok is mind gyakrabban kutatnak az ostoros véglények sok millió éves maradványai után. S ennek a kutatásnak egyre több az eredménye. Olyan ismeretek birtokába juttatják a paleontológusok most már ezen a vonalon is a Föld búvárait, amelyeket a gyakorlati életben is jól értékesíthetünk.

Alig hinnénk el, hogy ezeknek az ostoros véglényeknek megkövült maradványai is lehetnek! Dehát nézzük meg, miért is beszélünk ostoros véglényekről, s ugyan vajon milyen maradványaik maradhattak meg kőbe zártan évmilliók során?

E legősibbnek tekintett szervezetek apró sejtjét ostor alakú képződmény segíti a mozgásban. Az ostornak rugalmas tengelyfonala van, s ennek segítségével változtathatja helyét ez az apró kis protoplazma-csepp. Az ostorok száma nem minden ostoroson egyforma. Vannak alakjaik, amelyeknek csak 1, de vannak olyanok is, amelyeknek 4 ostora van. Alakban és sok minden egyéb tulajdonságban is jelentős eltéréseket figyelhettek meg az ostorosoknál.

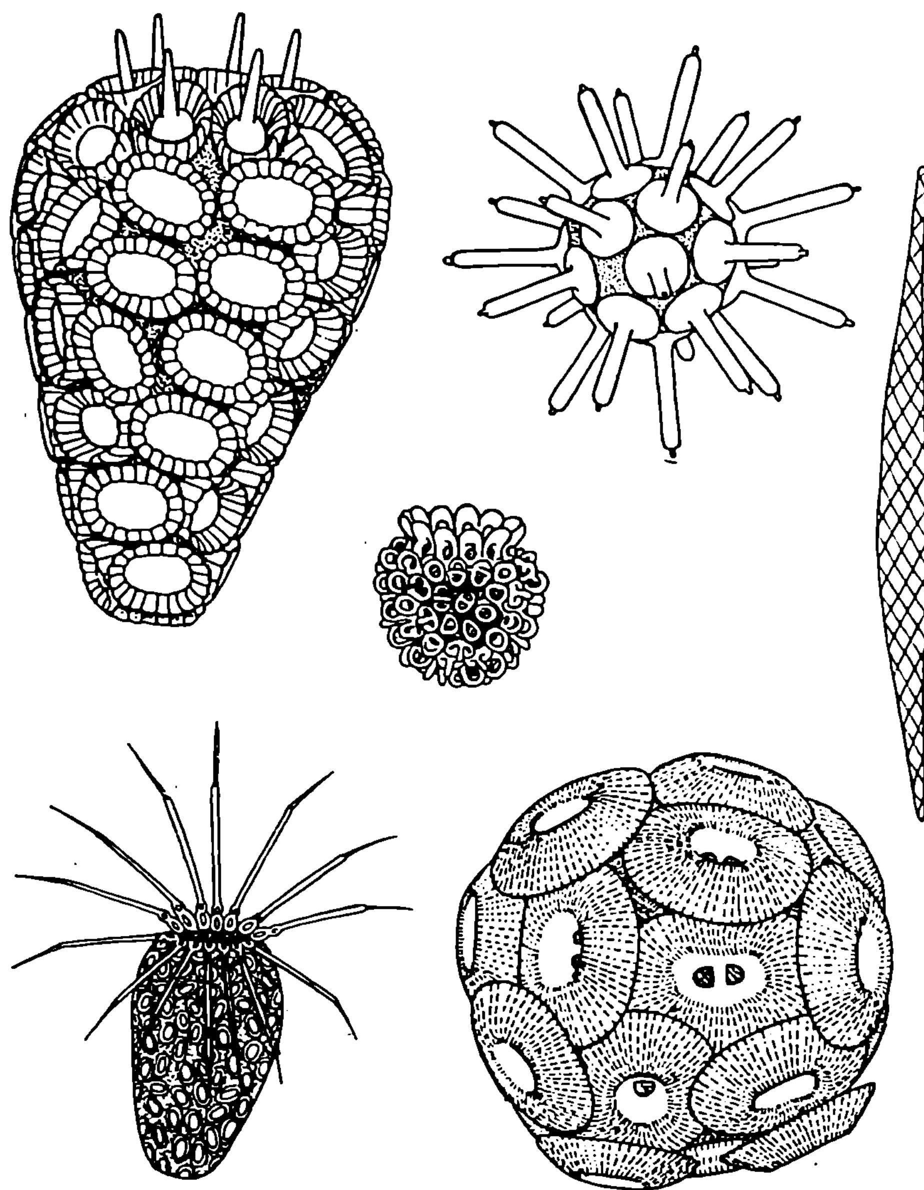
Találunk köztük olyanokat is, amelyek szilárd testecskékkel is rendelkeznek. A testecskék anyagában is lehet különbség. Néha kovaanyagú vázrészek fordulnak elő, máskor ismét meszes anyagból, kalciumkarbonátból állanak a szilárd testecskék.

A kovavázasok vázelemei, amelyeket persze legtöbbször csak igen erős nagyítás mellett lehet fölismerni, a legpompásabb, igen díszes képet mutatják. E díszes, többnyire valamilyen részarányossággal rendelkező váz természetesen nem a sejt „szépérzéke" miatt alakult ki, hanem az anyagát szogáltató ásvány kristályszerkezete szabja meg az alakot. Ilyen kovavázas ostorosok maradványait a földtörténeti múltban egészen a felső krétáig visszamenőleg sikerült eddig kimutatni, azonban nagyon valószínű, hogy további kutatások során korábbi rétegekből is előkerülnek. Ma tengerben és édesvízben egyaránt megtalálhatók, a fosszilis alakok túlnyomórészt tengeri üledékekből kerülnek elő. Sokszor pompás rajzolatú lemezkék, máskor ismét többé-kevésbé gömb alakú vázak formájában maradtak ránk.

A mészvázas alakok már jóval részletesebben ismeretesek. A legújabb időkben már nálunk is megindult ezeknek a tanulmányozása és az eddigi eredmények is igen bíztatók. Protoplazmájukban a magon kívül két barna vagy sárga színtestet különböztethetünk meg, amelyek a sejt hossztengelyéhez viszonyítva részarányosan helyezkednek el. Persze, ha az egész sejt csak ennyiből állana, nem ismerhetnénk a földtörténeti múltból. De a sejtet kocsonyás burkán kívül még apró kis mésztestecskékből álló burok is fedi. Ezeket az apró kis mésztestecskéket *kokkolith*oknak nevezik. Miután a görög *kokkos* szó magyarul bogyót, általában gömböcskét jelent, a kokkolithot gömböcskés kőnek fordíthatnánk. Nem egészen szerencsésen sikerült ennek a névnek a megválasztása, mert bizony az ilyen váztestecskékkel rendelkező *Coccolithophorá*knak nevezett ostorosoknál a kokkolith rendkívül változatos alakú, s talán éppen a gömböcskés, bogyó alakú formák elég ritkák. Változatos alakjukról a 8. ábra nyújt némi felvilágosítást. Az egyes mésztestecskék nagysága 0,002—0,01 mm között változik, s így bizony vizsgálatukhoz már nagy nagyításra van szükség. A mésztestecskéknek, a kokkolithoknak ásványtani jellege még bizonytalan. A kalciumkarbonát vagy a kalcit, vagy az aragonit nevű ásvány alakjában kristályosodik ki. A magasabbrendű állatok vázában a kalciumkarbonát mindkét kristályosodási formája előfordul.

A kokkolithoknál még nem sikerült megállapítani, hogy anyaguk aragonitból vagy kalcitból áll-e.

Bár az első kokkolithokról *Ehrenberg* szép munkája nyomán — aki az írókréta iszapolási maradékában talált rájuk — már 1836 óta tud az irodalom, biztosabb és



8. ábra. Ma élő Coccolithophoridá*k vázelemei* (A. H. Müller *nyomán)*

részletesebb ismeretekre ezeket a parányi kis szervezeteket illetően csak az utolsó évtizedekben sikerült szert tenni. Az apró kis ősmaradványok kitűnő francia kutatója, *Deflandre* alkalmazta rendszerezésükhöz először az elektronmikroszkópot, s az ő nyomán több kutató is eredményes vizsgálatok útjára lépett az elektronmikroszkóp* segítségével. Az elektronmikroszkópi kép a kokkolithok finom szerkezetére vonatkozóan adott felvilágosítást, és ez a finom szerkezet az alapja annak a rendszerezés-

* Nem fénysugarakkal, hanem elektronnyalábok segítségével működik; 100—150 ezerszeresen is nagyíthat.

nek, amelyet *Deflandre* azóta a *Coccolithophorá*kra nézve felállított. Az elektronmikroszkópnak az ősélettudományban való alkalmazása azt mutatja, hogy az új kutatási lehetőségek, amelyeket a fizika és kémia hallatlan iramú fejlődése a legkülönbözőbb irányokban a technika számára lehetővé tett, még sok új adattal fogják gazdagítani tudásunkat a földtörténeti múlt élővilágát illetően is.

Ismerkedjünk meg egy kissé ezeknek a *Coccolithophorá*knak az életével és környezetével is. Tengerben élő, lebegő szervezetek, vagyis a *plankton*ba tartoznak. A lebegésben segítségükre vannak ostoraik, de néha még ezen kívül is vannak lebegtető függelékeik. Nagyon érdekes az a megfigyelés is, hogy a sejt anyaga nem tölti ki mindig a vázon belüli teljes teret, hanem annak csak egy részét. Ily módon aztán a lebegésen kívül a mélység megváltoztatására is van lehetőségük. Többségük a tengervíz felszíne közelében, 20—50 m közötti mélységben található meg; lefelé mennyiségük ugyan csökken, de a tengerkutató expedíciók finom műszerei már több ezer méteres mélységben is megtalálták képviselőiket. A melegebb vizű tengerekben sokkal nagyobb mennyiségben élnek, mint a hűvösebb részekben. Parányi voltukra, rendkívül nagy mennyiségükre, s a melegebb és hidegebb tengervízben való gyakoriságukra vonatkozóan igen érdekes adatokkal találkozunk. Egy liter trópusi tengervízben átlag néhány százezer, de néha 30 millió egyed is kimutatható. Hűvös tenger vizében a literenkénti egyedszám leszáll 50-re. Hát bizony ez hatalmas különbség! Minthogy a táplálkozásukhoz szükséges nitrogén és foszfor a tengervízben a partok közelében általában nagyobb mennyiségben található, sűrűségük itt általában nagyobb, mint a partoktól távol eső, nyílt óceáni vizekben.

Az óriási mennyiségben való előfordulás hallatára méltán vetődik fel a kérdés, hogy mi törétnik ezzel a hallatlan tömegű apró szervezettel? Sorsuk bizony egy része az élet körfolyamatának: táplálékul szolgálnak olyan szervezetek számára, amelyek általában az apró mikroorganizmusok sorából szerzik meg táplálékukat. Különösen alacsonyrendű rákoknak szolgálnak eledelül. Ilyen rákok ürülékében a megemésztetlen táplálék igen nagy részét alkotják a kokkolithok. A rákokat ismét más élőlények eszik meg, és így a *Coccolithophoridá*któl a tengervízből fölvett anorganikus anyag áthasonítva néha a szervezetek egész során keresztülmegy, mígnem megemészthetetlen ürülékként újra a tengerbe kerül s ott a fenékre süllyed. Ez a sorsa a kokkolithoknak is, amelyek — különösen a mély tengerekben — a tenger fenekén felhalmozódó szerves eredetű „mészben gazdag" iszapokban jelentős mennyiségben találhatók meg. Itt befedi őket az üledék és fosszilizálódhatnak. Ezért a kokkolithok a földtörténeti múlt üledékeiben gyakran megtalálhatók. A jura időszak elejétől kezdve sokszor valósággal kőzetalkotó mennyiségben fordulnak elő, de legidősebb maradványaikat már a kambriumból említik. *Gümbel*, aki sokat foglalkozott a kokkolithokkal is, kiszámította, hogy a bajorországi eocénkori márgák 1 köbcentiméternyi anyagában mintegy 800 millió kokkolith fordul elő!

S most ezzel a mérhetetlenül imponáló számmal vegyünk búcsút a kokkolithok további ismertetésétől. Ehelyett egy fiatal magyar kutató, ***Báldiné Beke*** Mária nyomán nézzük meg, hogy miképpen is juthatunk hozzá ezeknek a parányi szervezeteknek az ősmaradványaihoz. Egyik dolgozatában azt olvassuk, hogy eljárása a maradványok kinyerésére a következő volt. A kőzetanyagot igen apró darabokra törte, majd ¼—½ óráig vízben forralta. A forralás célja az agyagos részek diszpergálása volt. Ezután néhány percig hagyta, hogy a folyadékban levő szilárd részek leülepedjenek, majd a folyadék leghígabb részéből 1—2 cseppet üvegbot segítségével tárgylemezre tett. A vizet elpárologtatta, anyagát beszárította, majd vékony kanadabalzsam rétegben fedőlemezzel lefedte. A fedőlemezeket minden esetben külön gonddal kellett végigvizsgálni, mert csak a legvékonyabbakat alkalmazhatta. Ugyanis csak a leg-

vékonyabb fedőlemezek teszik lehetővé, hogy a mikroszkóp tárgylencséjével a sok százszoros nagyításhoz szükséges közelséget elérhessük. Bárki megpróbálhatja hát ezt az egyszerű módszert a kokkolithok vizsgálatára, ha erősebb nagyítású mikroszkóphoz hozzá tud jutni!

Vajon gyakorlati szempontból lehet-e valami jelentősége annak, hogy egy kutató naphosszat foglalkozik kokkolithok keresésével? Bizony van! Már láttuk, hogy Földünk kérgét filmhez hasonlíthatjuk: minden egyes kőzetréteg más és más kockának felel meg az élet izgalmas és lenyűgöző filmjéből. A különböző kőzetrétegekből vett kokkolithok is különböznek egymástól, s ha valaki odaadó munkával pontosan nyomon követi a változásokat, rövidesen fölismeri azt a szabályszerű sorrendet, amely az egyes kokkolithok földtörténeti korjelző szerepét árulja el. A földtörténeti kor megállapítása pedig minden olyan vizsgálatnál elengedhetetlenül fontos, amelynek célja az ásványi nyersanyagkutatás.

Ezeknek az ostorosoknak még sok más formáját is ismerik a zoológusok, sőt a paleontológusok is, de további részletezésekbe már nem mélyedünk el. Csak egy nagyon érdekes leletről kívánunk még megemlékezni. 1933-ban történt, hogy az Északnémet-síkság vándorkövei között kréta időszaki tűzkőgumót találtak. Ennek csiszolatát többszázszoros nagyítással vizsgálva olyan ostorosok képe bontakozott ki a mikroszkóp lencséje alatt, melyeknek semmiféle szilárd vázrésze nem volt. Az előkerült maradványok az ostor, néha ostorok képét is világosan mutatták. Az írókréta rétegek között elhelyezkedő tűzkőgumók keletkezésének sajátságos viszonyai tették lehetővé, hogy a minden szilárd vázat nélkülöző ostoros sejt ilyen jó megtartási állapotban maradjon meg.

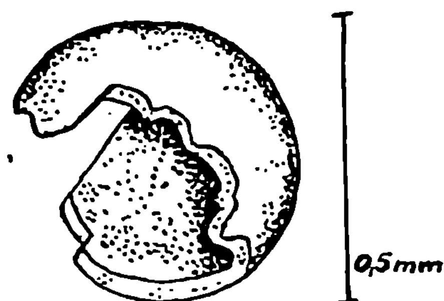
Az ostorosok az egysejtűek között a legegyszerűbb szervezettségű alakokat jelentik. Minden sejt külön, önálló életet él: mozog, táplálkozik, szaporodik, s mint láttuk, sok alkalommal szilárd vázat is épít, amely évmilliókon keresztül is megmarad kőbe zártan.

Nem tartoznak az ostorosokhoz, de itt említjük meg azokat a sajátságos és igen apró (0,004—0,200 mm) ősmaradványokat is, melyek a földtörténeti ókortól kezdve az egész földtörténeti múlton keresztül felismerhetők. Pontosabb rokonsági kapcsolataikat nem lehetett tisztázni, sőt rendkívül ellentmondó a különböző kutatók véleménye e maradványokról. Gyűjtőnéven *Hystrichosphaeridá*knak nevezték el a hol gömbös, hol félgömb alakú testecskéket, amelyek felületét tüskeszerű nyúlványok borítják. Egyesek likacsos szerkezetűeknek látszanak. A burok néha kettős. Hogy ezeket a maradványokat mennyire különbözőképpen ítélik meg, jellemző, hogy a sugárállatkáktól alacsonyrendű növények spóráin át alacsonyrendű soksejtűek peteburkáig mindennek igyekeztek magyarázni. Annyi tény, hogy a földtörténet igen régi szakaszaitól kezdve a pleisztocénig ismeretesek, s alakváltozatosságuk alapján a gyakorlati élet ezeket is korhatározásra egyre gyakrabban használja fel.

Az állati élet fejlődéstörténete szempontjából e maradványoknak ugyan nincs jelentőségük, de az ostorosok kapcsán itt említjük meg ezeket mint talán szintén alacsony szervezettségű alakokat, amelyeket pontos hovatartozásuk megállapítása nélkül is fel tudunk használni, az élővilág fejlődésével kapcsolatos változások alapján a földtörténeti kor meghatározására.

Ha az ostorosok táplálkozása olyan, hogy annak alapján hol a növények, hol pedig az állatok közé sorolhatjuk őket, akkor az amőbát táplálkozási módja alapján már mindenképpen az állatok közé kell sorolnunk. Ez is egysejtű. Szokták változó állatkának is nevezni. Ez a megjelölés arra vonatkozik, hogy alakját változtatja, mert állábakat bocsát ki. Ezekkel az állábakkal szerzi meg táplálékát is. Az állábak kibocsátása a protoplazma áramoltatásával történik, s ezen a módon tudja helyét is változtatni. — Az amőbáknak semmiféle szilárd vázrésze nincs, így fosszilisan nem is ismeretesek.

De vannak az amőbáknak olyan közeli rokonai is, amelyek protoplazmájuk körül szilárd vázat választanak ki. A szilárd váz kovaanyagból áll. A váznak egy nyílása van, amely arra szolgál, hogy ezen keresztül nyújthassa ki állábait az állat. A vázak alakja többnyire lapos, korong, lepény formájú. Az amőbának ezek a rokonai, melyeket vázuk miatt *Thecamoeba* néven említenek a kutatók, általában édesvizekből vagy alig sós vizekből ismeretesek. A tengerből származó alakokra vonatkozó ismereteink rendkívül hézagosak.



9. ábra. A Thecamoebá*k egyik képviselője a* Silicoplacentina *(rajzunk feltört és kissé hiányos vázat mutat be)* (Kővári *nyomán)*

A lepény formájú *Thecamoebák* a paleontológusoknak is sok godot okoztak. Magyarországon is mind gyakrabban kerültek elő legfiatalabb harmad időszaki, ún. pannóniai képződményeinken áthaladó mélyfúrásokból kovavázas, fehér színű, lepény formájú ősmaradványok, amelyeknek a hovatartozása hosszú időkön keresztül tisztázatlan volt. Alig néhány éve, hogy a Kőolajbányászati Tudományos Laboratórium szakemberei széleskörű vizsgálatokat indítottak a maradványok pontos meghatározására. A fent közölt leírás is ennek a kutatómunkának az eredménye, amely végül is megállapította, hogy a hazai alsó pannóniai üledékekben előforduló fehér, lepény formájú ősmaradványokban *Thecamoeba* vázakat kell látnunk. Nálunk a kőolajkutatással kapcsolatosan már 1934 óta ismeretesek voltak, de valódi természetüket hosszú ideig nem sikerült megállapítani. Időközben Jugoszlávia alsó pannóniai képződményeiben is — mint szintjelző ősmaradványt — számon tartották, de ugyancsak anélkül, hogy eredetüket megnyugtató módon tisztázniuk sikerült volna. A hazai vizsgálatok a fenti, már közölt jellegeken kívül megállapították, hogy a lapos, korong alakú, lepény formájú alakokon kívül kissé felfújt formák is előfordulnak. Alakbeli változatosságuk tehát bizonyos mértékig szintén van (9. ábra). A héjak legtöbbször ½ mm átmérőjűek, de vannak 0,25 mm és 1,2 mm nagyságú példányok is. A héj felülete szemcsés. Egy nyílás van, mint már említettük, amely azonban utólagos eltömődés, néha elroncsolódás miatt nem mindig ismerhető fel. Ugyanazon az oldalon, amelyen a nyilás van, félkör alakú bemélyedést is találunk. Részben a törött példányok, részben pedig a csiszolatok — amelyeket mikroszkópi vizsgálat céljára készítettek — igazolják, hogy a vázon belül csak egyetlen egy üreg van. A váz anyagát kétféle eljárással állapították meg. Kovaanyagra utalt az a tény, hogy sem sósavban, sem salétromsavban nem oldódott az anyag, még főzés után sem, viszont a fluorsav feloldotta. Ásványtani mikroszkópos vizsgálata azt mutatta, hogy igen apró kristályos kovaanyaggal van dolgunk.

Miután ilyen alakokat név szerint eddig az irodalom nem ismert, el is kellett

nevezni a kis lepényeket. A találó *Silicoplacentina*, azaz „kovalepény" nevet kapták, s négy típusukat négy külön fajként említették.

Az állati élet szerveződésében — az ostorosokhoz hasonlóan — itt is megállapítható tehát, hogy a sejt védelmére kovaanyagból álló váz alakult ki. A kovavázas amőbák — mint láttuk — az édes és kevéssé sós vízben élnek; tengeri formákról eddig alig tudunk.

Az állatvilág egysejtűi azonban a tengervízben is óriási mennyiségben és elképzelhetetlen vátozatosságban élnek. Ezeket a tudomány már elég régen ismeri, tanulmányozásuk azonban — különösen az utolsó évitezedekben — mérföldes léptekkel haladt előre. Az őslénytani kutatásnak az ipar területén történő térhódításával kell magyaráznunk ezt a tényt is. Amióta ugyanis a kőolajbányászat egyre több és több kőolajat termel ki a Föld mélyéből, a termelést megelőző kutatások során is a világon évente sok-sok millió méternyi fúrást mélyesztenek a földbe. Ennek anyagát laboratóriumokban aprólékosan feldolgozzák. A kutatási munka kiterjed azon kisebb vagy nagyobb ősmaradványokra is, amelyek ezekből a fúrásokból előkerülnek. Az előkerülő anyag nagyobb része, már csak a fúrások természetéből kifolyóan is, természetesen a kisebb, apróbb termetű ősmaradványok sorából kerül ki. Sokféle apró ősmaradvány kerül elő, ezeknek nagy része pedig az egysejtű állatokat képviseli. Így aztán érthető, hogy az egysejtűekre vonatkozó kutatások az utolsó évtizedekben oly hatalmas irammal törtek előre. Már csak azért is, mert a világ összes kőolajkutató vállalata szinte versenyre kelve igyekezett a gyakorlati cél érdekében a tudományos anyag feldolgozását elősegíteni. Ennek köszönhető, hogy gazdagon illusztrált kiadványsorozatok és folyóiratok serege foglalkozhat ezekkel az apró ősmaradványokkal. Szinte új tudományág alakult ki, amelyet — minthogy munkájában, a parányi ősmaradványok tanulmányozásában mikroszkópot is állandóan használ — *mikropaleontológiá*nak neveztek el.

Nem kétséges, hogy a mikropaleontológia elvi vonatkozásaiban semmiben sem térhet el a nagyobb, szabad szemmel is megfigyelhető ősmaradványokat tárgyaló *makropaleontológiá*tól, és e megkülönböztetés mindössze a vizsgálat módszerei miatt lehet indokolt. A vizsgált anyagban az egysejtűeken kívül még sok más maradvány is lehetséges. Magasabbrendű szervezetek, többsejtű állatok vázrészei, apró maradványai stb., a legtöbb maradvány azonban olyan egysejtűektől származik, amelyeket likacsosházúaknak, latin képzésű műszóval *Foraminiferá*knak nevezünk.

A *Foraminiferák* olyan egysejtű állatok, amelyek az amőbákhoz hasonlóan protoplazmájukból ugyancsak nyúlványokat tudnak kibocsátani. Az egysejtűek törzsén belül, az amőbákkal együtt a gyökérlábúak osztályába sorozzák ezeket is. Legnagyobbrészt normális sótartalmú tengerekben élnek, s a víz sótartalom-csökkenését csak néhány típusuk viseli el. Egy olyan csoportjuk is van, amely az édesvizek lakója, de ez a csoport már abban is különbözik a többitől, hogy a sejtnek nincsen szilárd váza. Éppen ezért az édesvízi *Foraminiferák* a földtörténet múltjából nem ismeretesek.

Nagyságban is jelentős különbségek vannak egyes alakjaik között. Sok forma a milliméternek csak tört részét éri el. Az átlagos nagyság 1—2 mm körül van, de ide tartoznak az egysejtű állatok óriásai is. A nagyobb *Foraminiferák* 2—3 cm átmérőjűek, míg a legnagyobbaknál 12 cm-es átmérővel is találkozunk. Gondoljuk csak meg: egysejtű állatok ilyen nagy átmérővel!

Mint előbb olvastuk, az édesvízben élőknek nincs szilárd váza. Igaz ugyan, hogy ezek sejtjének külső fala is keményebb a sejt plazmájánál, olyasféle vegyi összetétele van, mint pl. a bogarak ún. kitinvázának. Ez azonban nem alkalmas a fosszilizálódásra. Más alakoknál azt látjuk, hogy a sejt külső oldalára idegen anyagokat ragaszt föl.

Ezek lehetnek homokszemecskék, csillámlemezkék, mésztestecskék, más *Foraminiferák* vagy egyéb állatok vázának törmelékei vagy akár szivacstűk is. Az idegen testeket rendszerint mészanyag segítségével cementálják össze az állatkák. Nagyon érdekes megfigyelésekre nyílik alkalom, ha ezt az összeragasztott, idegen testekből összecementált sejtfalat közelebbről megvizsgáljuk. Azt tapasztalhatjuk, hogy egyikmásik faj válogatás nélkül építi be az idegen anyagokat. Mások viszont annál válogatósabbak. Egyesek csak apró kis kvarcszemcséket ragasztanak össze, ismét mások pedig csak szivacstűket. Egyesek hidegvizű tengerekben csak kvarcszemcséket, melegvizűben azonban csak mészszemcséket agglutinálnak. Az ilyen összeragasztott vázú *Foraminiferák*on néha az is megfigyelhető, hogy a falat a felületre merőlegesen csatornácskák járják át, a váz *„perforált"*.

A külső testfal anyaga egészen kivételesen kovaanyagból is állhat. Ez azonban olyan ritkán fordul elő, s az alakoknak olyan kicsiny csoportjánál van meg, hogy éppen csak utalunk erre. Ez volt talán eleinte annak az oka, hogy a *Thecamoebák*at is a *Foraminiferák*kal kísérelték meg kapcsolatba hozni mindaddig, amíg valódi természetüket nem sikerült megállapítani.

A *Foraminiferák* falépítő anyaga mész, azaz kalciumkarbonát is lehet. A ragasztott héjnál is gyakoribb. Egyes esetekben a mészváz a mikroszkóp lencséje alatt porcelánszerűen hat, máskor viszont üvegesen fénylik. Az üveges fényűeken azt is megfigyelhetjük, hogy a váz likacsos, perforált. Ilyen esetben az állábak az egész testfelületen kiléphetnek, míg ha a váz nem likacsos, akkor a protoplazma kilépése csak egy nyíláson vagy nyíláscsoporton keresztül történik. A kilépési lyuk és annak alakja egyébként az egyes nemekre és fajokra igen jellemző.

Ez a váz, amelynek finom szerkezete a specialisták számára még sok apró részletet jelent, — vagy egy kamrát zár körül, vagy pedig a kamrák egész sorát. A *Foraminiferák* között tehát megkülönböztetünk egy- és sokkamrás alakokat. A sokkamrás alakoknál az egyes kamrákat elválasztó falak likacsosak, s a likacsos házú megjelölés éppen úgy, mint a műszó is, éppen ezekre a likacskákra vonatkozik.

Alakgazdagságuk roppant nagy. Az egykamrások között vannak egészen szabálytalan alakúak, de lehetnek gömb formájúak, csigavonalban felcsavart csőhöz hasonlók vagy akár lombikszerűek is. A többkamrás alakoknál a kamrák egymásutáni elrendeződése néha egyenes vonal mentén történik, máskor az egyenes két oldalán váltakozva, hajfonatszerűen, ismét máskor csigavonalban vagy egy síkban fölcsavarodva alakulnak ki egymás után az egyes kamrák. Egyes alakok vázának felépítése igen komplikált. Ezek vizsgálata különböző irányban készített csiszolatok segítségével történik. A sokkamrás alakok is egyedi fejlődésük kezdetén egy kamrából állanak, és csak fokozatosan alakulnak ki egymás után a további kamrák.

Érthető, hogy ilyen jelentős alakbeli eltérés mellett nagyarányú eltérések mutatkoznak az életmódban is. Azt már láttuk, hogy a *Foraminiferák* túlnyomó nagy többsége a normális sótartalmú tengervízben él: egyesek a partok közelében, többségük a nyílt tengerekben. Sok közöttük a lebegő alak, a planktonikus forma. Ezek a lebegők az óceánok parttól távoli víztömegeiben a felszínen milliárd és milliárd számra sodródnak. Elpusztulásuk után lassan-lassan lehullanak a mélytengerek fenekére és ott felhalmozódnak. A gömböcskés kamrákból álló *Globigerina* ezekben a mélytengeri iszapokban olyan hatalmas tömegben halmozódik fel, hogy a mészben gazdag mélytengeri iszapok egyik fajtáját globigerinás iszapnak nevezik. Az ilyen globigerinás iszapnak 80%-a áll ezeknek a *Foraminiferák*nak a héjából.

A lebegő alakokon kívül azonban egész sereg *Foraminifera* él a tenger fenekén. A tengerfenék szervezeteinek összessége a *benthosz* lévén, azt mondjuk, hogy ezek az alakok benthonikus életmódot folytatnak. A nagyobb termetű, bonyolult felépítésű

vázzal bíró alakok — miután fajsúlyuk miatt lebegni nem tudnak — a benthosz élővilágához tartoznak.

Ilyen életmódot folytattak a földtörténeti újkor elején, az eocén folyamán élt *Nummulites*ek is. Latinul a *nummulus* pénzdarabocskát, kis darab érmét jelent. Miután vázuk ehhez hasonlítható, azért kapták a *Nummulites* nevet. Helyenként kőzetalkotó mennyiségben fordulnak elő: nummuliteszes mészkő Magyarországon is sok helyen van. Ha ebből kimállanak az egyes példányok, néha marokszámra is gyűjthetjük őket.

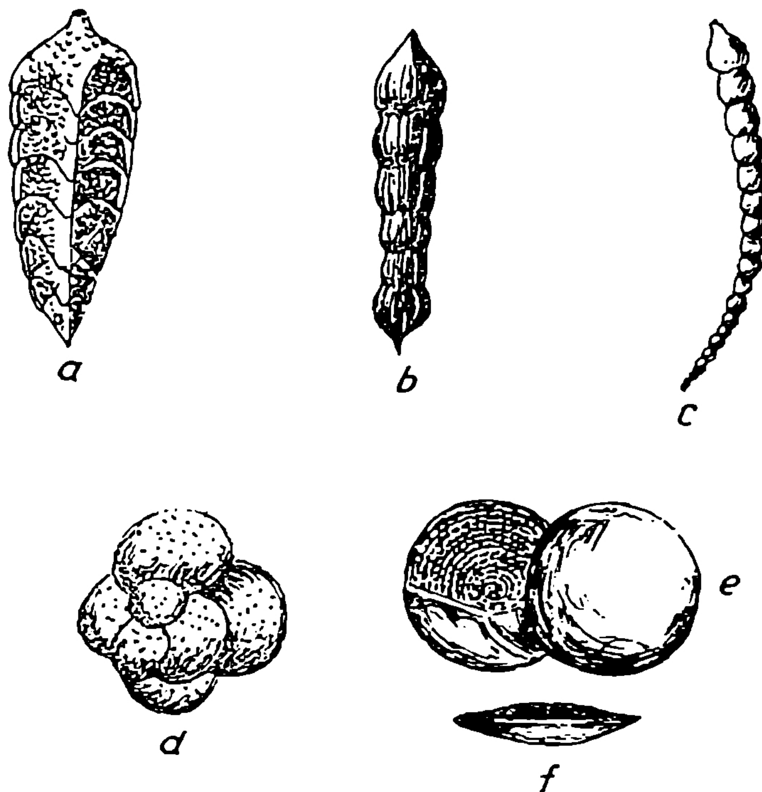
Magyar szempontból a *Nummulites*eknek nagy nevezetessége, hogy *Hantken* Miksa (1821—1893), aki a múlt század második felében alapított Földtani Intézet első igazgatója, majd élete utolsó évtizedében a budapesti tudományegyetemen az őslénytan első professzora volt, világhírnévre tett szert az egysejtű állatok és különösen a *Nummulites*ek tanulmányozásával. *Hantken* Miksa e téren a nemzetközi tudományos világ egyik legmegbecsültebb tudósa volt. Hogy milyen jelentős nyomot hagyott maga után, fényesen igazolja az a tény is, hogy még több mint 30 évvel halála után is, róla neveztek el egy új *Foraminifera* nemzetséget, a *Hantkenina*́t. S ha már ott tartunk, hogy az ősmaradványok névadásával kapcsolatos tiszteletadásról is beszélünk, megemlítjük, hogy a Budai-hegység óharmad időszaki képződményeinek egyik legjellemzőbb Foraminiferáját *Hantken* Miksa viszont a földtan legkiválóbb magyar úttörőjéről, *Szabó* Józsefről nevezte el *Clavulinoides szabói*nak. Szép szokás a tudomány munkásainál, hogy a nagy elődök emlékét névadásban is megőrzik.

Ha már a *Clavulinoides szabói*t emlegettük, nézzük meg azt is, könnyen lehetne-e hozzájutni. A Budán lakóknak csak kis sétába kerül felkeresni a kiscelli párkánysík környékét, ahol kékes színű agyag sokfelé található. Ha ebből az agyagból egy kis zacskóra valót hazaviszünk, mindjárt meg is tanulhatjuk, hogyan nyerhetők ki a *Foraminiferák* agyagos kőzetből iszapolással. Ehhez mélyebb tálat, pl. főzelékes tálat veszünk, ebbe tesszük a mogyorónyira-diónyira tört kőzetdarabokat. Öntsünk rá vizet, s keverjük meg. A víz iszapossá válik, mert a széteső agyagban a rendkívül finom, apró agyagrészecskék lebegő állapotba kerülnek. Öntsük le a zavaros vizet (s ezzel a lebegő agyagrészecskéket is), és adjunk helyette friss vizet. Ez is zavarossá válik, újra leöntjük. Így folytatjuk az iszapolást mindaddig, amíg az agyagos részek mind eltávoznak, s az iszapolási maradékban már csak kvarcot és egyéb ásványi szemcséket találunk, köztük a *Foraminiferák* vázainak tömegét is. Ha az előbb említett kék agyag iszapolási maradékát a binokuláris mikroszkóp alatt megnézzük, biztos, hogy egy sereg *Foraminiferá*t találunk, s köztük a *Clavulinoides szabói*t is (10. ábra).

A földtörténeti elterjedést vizsgálva azt kell mondanunk, hogy *Foraminifera* maradványok az ordoviciumtól kezdve biztosan kimutathatók. A kambriumiaknak tekintett alakok körül bizonytalanságok vannak.

Törzsfejlődésükben két nagy szakasz különböztethető meg: a földtörténet ókorának végéig tart az első, a középkortól tart a második. A legidősebb ismert alakok sorában uralkodik a ragasztott házfalú típus. A törzsfejlődés folyamán ezek között először a szabálytalan alakú, azután a szabályos alakú egykamrás alakok jelennek meg. Ezeket követik a sokkamrások, eleinte az egyenes vonalú egysoros, majd hajfonatos elrendeződésűek. Közben a mészvázas alakok is megjelentek s ugyanezen alaksorokban fejlődtek. A fejlődés következő állomása a csigavonalban elrendezett kamrák sora, amelyet felvált az egy síkban felcsavart kamrákból álló vázépítés. Ezek az alakok a karbonban és a permben, a *Fusulina* és *Schwagerina* típus képviselőiben több szempontból is nagyon nevezetesek. Híresek arról, hogy termetük — egysejtűekhez képest — igen tekintélyes, 2—3 cm-es nagyságot is elér. Híresek arról is, hogy helyenként oly tömegesen találhatók, hogy valósággal kőzetalkotók. A geológusok

sokszor beszélnek fusulinás mészkőről vagy schwagerinás mészkőről. Híresek arról is, hogy jó korjelzők. Ez azt jelenti, hogy egyes fajaik csak rövid ideig éltek s így bizonyos meghatározott korú rétegekre jellemzőek. Különösen a szovjet paleontológusoknak vannak jelentős érdemeik a *Fusulinák* és *Schwagerinák* tanulmányozásában. Végül pedig arról is nevezetesek, hogy a földtörténeti ókor végén ezek az alakok mind kipusztulnak.



10. ábra. A kiscelli anyag jellegzetes Foraminiferá*ja, a* Clavulinoides szabói (a). *Gyakoriak benne a* b = Nodosaria *és a* c = Dentalina *is. A* d = Globigerina *kamrái gömbösek. Az eocénra jellemző a* Nummulites (e = *részben feltört és egész példány;* f = *oldalnézetben)* (Hantken *és* Vendl A. *nyomán)*

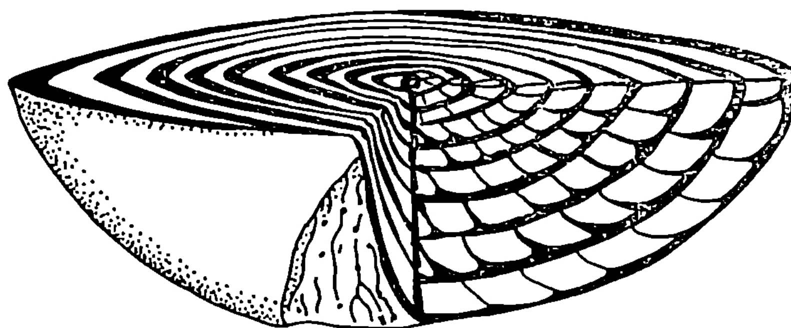
A középkor elején ugyanúgy indul meg a fejlődés, mint az ókorban. Itt is először az idegen tárgyakat magukra ragasztó alakok sorával kezdődik a fejlődés újabb nagy fejezete, majd megjelennek a mészvázak is, és ezek is megismétlik a vázépítés menetének nagyjából ugyanazon ütemeit, mint az ókorbeliek. A nagy termetű és bonyolut vázépítésű alakokat itt az óharmad időszaki, elsősorban eocénbeli *Nummulites*ek képviselik. Mint látttuk, helyenként ezek is kőzetalkotó mennyiségben jelentkeznek. A francia földtani irodalom olyan nagy szerepet juttat nekik, hogy az óharmad időszakot *Nummulitikum*nak nevezik. (11. ábra.).

A nagy alakgazdagság, a fejlődésnek ismertetett, már rendkívül leegyszerűsített vázlata — remélhetőleg — mindenki számára világossá teszi, hogy a mélyfúrások anyagából előkerült *Foraminiferá*knak milyen nagy a gyakorlati jelentősége.

Az ostorosokkal szemben a táplálkozáson kívül a vázépítés módja is már fejlettebb állapotot jelent. Az egysejtű állatok sorában — a környezet élettelen és élő tényezőinek hatására — íme, a fejlődésnek a menete már világosan jelentkezik.

Az amőba-rokonságból, a gyökérlábú egysejtűek csoportjából most még az építé-

szet művészeit mutatjuk be. Ez az állatcsoport méretben kisebb a *Foraminiferák*nál, mert sejtjeik csak mintegy 0,1—0,2 mm-es nagyságot érnek el. Ezek is létrehoznak vázat, amely legtöbbször sugarasan részarányos, ezért ezeket az állatokat sugárállatkáknak *(Radiolaria)* nevezik. Vannak köztük olyanok, amelyeknek a váza stronciumszulfátból és szerves anyagból áll; a vázelemek itt többnyire tű alakúak, kocsonyás anyagba ágyazottan függenek csak össze egymással, s így az ősmaradványanyagból nem ismeretesek. A többinek a váza kovából van, ezek már a földtörténeti ókor legelejétől nyomon követhetők. Változatosságuk és alakgazdagságuk elképesztően nagy, s a létrehozott vázak olyan gyönyörűek, hogy szebbeket elképzelni sem lehet.



11. ábra. Nummulites *bonyolult váza a kamrákkal* (Pokorný *után)*

A sugárállatkák szilárd vázának pompázatos formáiból némi ízelítőt nyújt 12. ábránk.

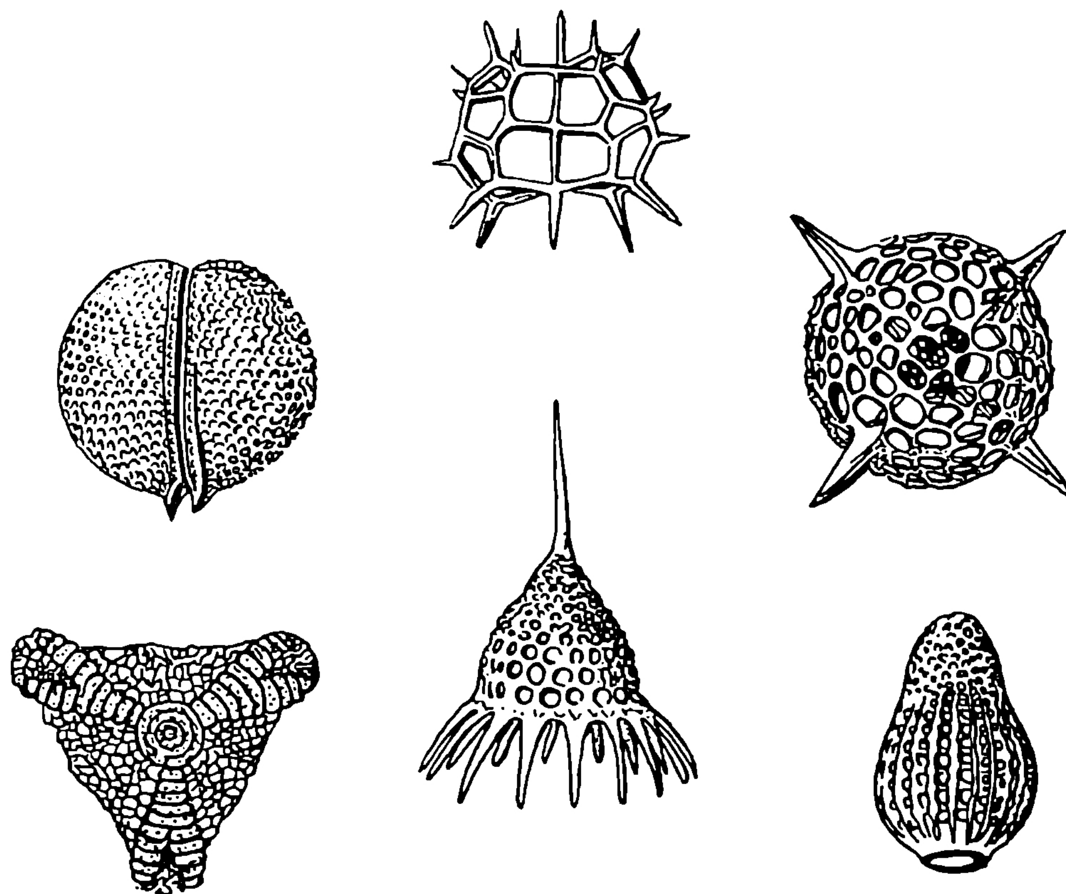
A sugárállatkák mind a tengerben élnek, mégpedig csak azokban a tengerekben, amelyeknek vize normálisan sós. A sótartalom csökkenését nem tudják elviselni, s így a csökkentsósvizű tengerekből nem ismeretesek ezek az építőművészek. Érdekes azt is megjegyezni, hogy csak egy olyan alakjuk van a ma élők sorában, amely helyhezkötött életmódot folytat, a többi mind a lebegő szervezetek sorába tartozik. A meleg, tropikus tengerek vizeiben többnyire a felület közelében élnek, de mintegy 300 m mélységig még nagyon gyakoriak. A protoplazma gázcseréje következtében bizonyos függőleges irányú napi váltakozás is megfigyelhető életükben. Az elpusztuló szervezetek a mélybe süllyednek. Az Indiai- és a Csendes-óceánban 4000—8000 méteres mélységekben jelentős területeken találjuk meg a mészben szegény mélytengeri üledékek között a radiolariás iszapot. Némely kutató azonban ennek ellenére azt gondolja, hogy a földtörténeti múlt radiolariás iszapjaiból létrejött kőzetek, a radiolaritok a sekélyebb tengerben, sőt delták közelében is létrejöhettek. E kutatók úgy vélik, hogy ilyen jelenséggel főleg ott találkozhatunk, ahol az egykori élőhely viszonyai a kovavázas sugárállatkák számára kedvezők, de a mészvázasok számára, mint amilyenek a *Foraminiferák*, kedvezőtlenek voltak. Ilyen kedvező körülményt jelentett a sugárállatkák számára, ha a tengervíz kovatartalma vulkáni kitörések következtében gyarapodott. A kovasavtartalom növekedése bekövetkezhetett akár finom vulkáni törmelékanyagok, akár pedig a gázoknak a tengervízbe jutásával.

A földtörténeti múltból aránylag nagyon kevés radiolarit ismeretes Földünk felszínén. Azok a jelenségek, amelyekről most itt beszéltünk, minden egyes esetben szükségessé teszik, hogy az előkerülő radiolaritokat a környező kőzetekkel együtt vizsgálják meg keletkezési körülményeiket illetőleg, mert maga a radiolarit még korántsem bizonyít a mélytengeri származás mellett.

Ha a *Radolariák*ról beszélünk, nem mulaszthatjuk el, hogy meg ne emlékezzünk *Haeckel*ről (1834—1919), aki *Darwin* egyik leglelkesebb követője volt, s a származás-

tani gondolat egyik utolérhetetlen tollú, ragyogóan szellemes harcosa. Ő volt az, aki az első törzsfát is felállította. A sugárállatkákkal kapcsolatosan pedig azért kell megemlítenünk nevét, mert fitalabb korában *Haeckel* olyan monografiákat írt a sugárállatkákról, amelyek rendszerezésüknek máig is alapvető adatait tartalmazzák.

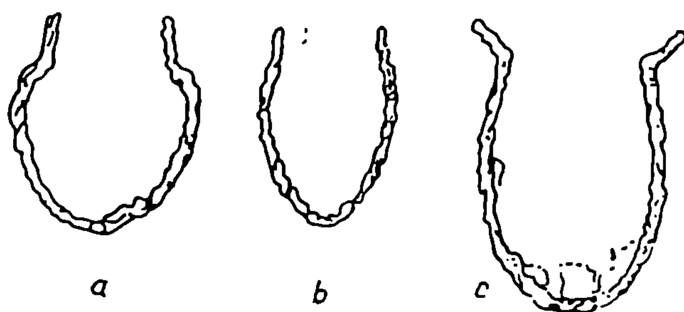
Nem beszéltünk eddig arról, hogy a sugárállatkák lágy protoplazmájában is találhatók olyan differenciációs jelenségek, amelyek alapján éppen az építőművészet e mestereiben látják a gyökérlábúak törzsfejlődésileg legmagasabbra jutott alakjait.



12. ábra. A kovavázas egysejtű állatok, a Radiolariák *váza igen változatos: abroncs, gömb, háromszög, csákó alakú* (A. H. Müller *nyomán)*

Az egysejtű állatoknak még fejlettebb osztályaként tekintjük a csillós állatokat, amelyeket néha ázalékállatkáknak *(Infusoria)* is szoktak mondani. A plazmát ezeknél kell a legmesszebbmenően differenciáltnak venni a zoológusok vizsgálatainak alapján. Testüket csillangók veszik körül. Ezeknek részben a helyváltoztatásban, részben pedig a táplálékfölvételben van szerepük. Sajnos, törzsfejlődésüket nem tudjuk pontosan nyomon követni, mert csak néhány képviselőjüknek van olyan váza, amely alkalmas körülmények között fosszilizálódhatik. Ezek sejtjét kocsonyás anyag veszi körül, s ebbe a kocsonyás részbe beépülhetnek apró kis ásványszemcsék, s tulajdonképpen ez teszi lehetővé a többnyire 0,1—0,15 mm nagyságú sejtek fennmaradását a földtörténeti múltból. A jura időszak végétől kezdve kerülnek elő ilyen maradványok, amelyek keresztmetszete többnyire apró kis kancsóra emlékeztet (13. ábra). Maradványaik már nálunk is előkerültek. A kis kancsók változatosak, s így ezek a parányi kis szervezetek útmutatással szolgálnak a földtörténeti idő tagolására.

Az ostorosok, amőbák és egyéb rokonaik, mint láttuk, mind egysejtűek. S mégis, micsoda jelentős különbségek ismerhetők fel egyes típusaik között — már alaktani szempontból is. *Beklemisev* szovjet zoológus az állati test szimmetriaviszonyainak kutatásakor természetesen nem egyszerűen a geometriai formák kimutatására törekedett, hanem arra, hogy a forma- és elsősorban a szimmetria változásokban fölismerje a fejlődés egymásutánját. Az egysejtűek körében a szimmetriaviszonyok változásai részben az élő, részben pedig a fosszilis anyag alapján jól nyomon követhetők. A legegyszerűbb és törzsfejlődésileg a legalacsonyabb fokon azok az alakok állanak, amelyek test-, helyesebben sejtfelépítésükben semmiféle szimmetriát nem mutatnak. Ezek sorába tartoznak az amőbák is, amelyeknek azonban a mozgása egyes pillanatokban átmenetileg bizonyos szimmetriát mutat. Vannak alakok, amelyek úszás közben gömbformát öltenek föl, mások ismét helyváltoztatásuk során közel kerülnek a kétoldalian részarányos állapothoz. Az amőbáknak ezek a részarányos formái azonban mindig csak bizonyos állapotban ismerhetők föl és rövid ideig tartanak. Magasabb fejlettséget jelent a gömb alak, a maga számtalanul sok szimmetriasíkjával. Ilyenkor a sejten belül semmiféle más irányítottság nem ismerhető föl, mit a középponttól kifelé induló irány. A következő állapot még mindig a sugaras szimmetria, de azzal a különbséggel, hogy a részarányosság síkjainak a száma itt már nem végtelen, hanem határozott szám. Ilyennel találkoztunk sok sugárállatkánál is. Itt a síkok pontosan megszabott szöget zárnak be egymással, s valamennyien egy pontban metszik egymást. Ez a pont legtöbb esetben a szimmetria központja is. Ennek az alaknak a sejt-elrendeződése ismét további részarányosságok felismerését teszi lehetővé, finomítva a megfigyelések sokasága által. A bilaterális szimmetria, vagyis a kétoldali részarányosság újabb megjelenési forma a részarányosság kialakulásában.



13. ábra. A Tintinnidák *keresztmetszete kancsó alakú* (a = Calpionella alpina; b = Calpionella elliptica — *mindkettő a felső jurából;* c = *a* Tintinnopsella carpatica *az alsó krétára jellemző* (A. H. Müller *nyomán)*

Alapjában véve mindezen alakok, a részarányosságnak ez a különbözősége az állat életmódjának és környezetviszonyainak a visszatükröződése. Hogy csak egy-két példát ragadjunk ki: megemlítjük, hogy számtalan sok szimmetria-síkja csak olyan alakoknak lehet, amelyeket minden oldalról azonos közeg vesz körül. Jellemző ezekre, hogy aktív mozgást nem tudnak végezni, csak passzív lebegés lehet osztályrészük. Szilárd alapon való mozgás esetében viszont a kétoldali részarányossággal felépített testforma a legelőnyösebb.

A soksejtű állatok sorában természetesen a szimmetriaviszonyoknak sokkal jelentősebb szerepe van az állati test fölépítésében, mind a helyváltoztatás, mind a környezettel való kapcsolat szempontjából, de úgy gondoljuk, nem érdektelen ezekre a tényekre már az állati élet legalacsonyabb szervezettségi fokán álló egysejtűek esetében is felhívni a figyelmet, hiszen így már itt meggyőződhetünk az alak fontosságáról és jelentőségéről az állat életében.

S most vegyünk búcsút az állati élet fejlődésének ezektől a legkezdetlegesebb formáitól, az egysejtűeknek is már annyira színes és változatos világától s nézzük, hogyan és miképpen megy a folytonos fejlődés útján az állatvilág további szerveződése.

A MAGASABBRENDŰSÉG BÖLCSŐJE

Sejthalmaz és álszövet

Amidőn arról volt szó, hogy egyedfejlődésük legelején a soksejtűek is egyetlenegy sejtből állanak, amely azután barázdálódással előbb két, majd négy stb. sejtre oszlik, beszéltünk a szedercsíra állapotról is. Sejthalmazként jelenik meg, azaz a sejtek látszólag rendezetlen egymás melletti tömegeként. Az ostorosok között is előfordul, hogy az *egyes sejtek telepet, kolóniát alkotnak.* Eléggé közismert ebből a szempontból a *Volvox*, amely hosszú ideig valóban úgy is szerepelt a kutatók elképzelésében, mint az a példa, amely megmutatja az egysejtűtől a soksejtűek felé vezető út kiindulópontját. Az elképzelés annál is inkább látszott jogosnak, mert időközben felismertek olyan állatokat is, amelyek valóban a többsejtűek egyedfejlődésének csíraállapotát mutatják. Ezeket sejthalmazos vagy szedercsíraállatoknak *(Moruloidea)* nevezték el. Rendszerint megnyúlt testű, csillangókkal ellátott állatok. Kétségtelen, hogy sejtjeik között megkülönböztethető a sejteknek az a két nagy csoportja, amely a soksejtűekben mindenütt jelentkezik: a testi vagy szomatikus sejtek, és az ivarsejtek vagy gonocyták. A sejthalmazos állatok tehát valóban nem telepes egysejtűek, hanem a soksejtű állatok képviselői. Csakis mint magasabb szervezettségű, tengerben élő gerinctelen állatok élősködői ismeretesek. Az újabb kutatások azonban azt a kételyt támasztották, hogy vajon valóban elsődleges-e ezeknek az állatoknak ennyire kezdetleges szervezettsége. Egyre inkább felmerül a gyanú, hogy másodlagosan, az élősködő állapot folyományaként leegyszerűsödött állatokról van szó, s így ezek egyáltalában nem tekinthetők olyan állatoknak, amelyek az egysejtűektől a soksejtűek kialakulása felé vezető utat jelzik. Nyilvánvaló tehát, hogy a fejlődés útját meg kell próbálnunk más irányban is keresni.

Az egysejtűek között vannak olyanok, amelyeknek egy sejtmagja van. De ismerünk több sejtmagvú egysejtűeket is. Ezek nem tekinthetők lényegileg már egyetlen elemi organizáltságú sejtnek, hanem összetett szervezetnek. Újabban azt mondják, hogy több energidás sejtek az ilyen többmagvúak, szemben az egymagvú egy energidás vagy monoenergidás sejttel. Így az egysejtűektől a soksejtűek felé vezető utat most ott keresik, ahol az egy energidás sejtből a több energidás sejt kialakulásához mutató út is van. Kétségtelen azonban, hogy a soksejtűek kialakulásának módja teljes bizonyossággal még nem volt megállapítható. Nagy segítséget tudott volna itt nyújtani az ősvilági élet, ha fossziliák alakjában megőrizte volna a fejlődésnek minden egyes szakaszát. Sajnos, eddig ilyen ősmaradványok nem kerültek elő, s minden valószínűség amellett szól, hogy a jövőben sem fognak előkerülni. Itt tehát nem új ősmaradvány-leletek, hanem a kémiai és fizikai ismeretek gazdagodása, valamint a módszertan új irányai hozhatják meg a kívánt eredményt.

A sejthalmazos állatokat nem tekintve, a soksejtűek legkezdetlegesebb alakjai a szivacsok. Ezek testfelépítése a bélcsíra állapotnak felel meg. (Közbevetőleg itt jegyezzük meg, hogy a szedercsíra és bélcsíra közötti hólyagcsíra állapotnak megfelelő szervezettségű állatokat nem ismerünk.)

A szivacsok álszövetes állatok. Mit is jelent ez? Előbb már szó volt arról, hogy a soksejtűeket felépítő sejtek testi és ivari sejtekre különülnek. A testi sejtek egyes csoportjai egymással szoros kapcsolatba lépnek, és azonos feladatokat végeznek el. A sejtek között az összefüggés annyira szoros, hogy a leggondosabban végzett szövettani kísérletekkel sem sikerült eddig — még a legkedvezőbb körülmények között sem — egyetlen kiválasztott sejtet életben tartani. A valódi szövetekben tehát az egyes sejtek között a kapcsolat rendkívül szoros. A szivacs testét felépítő sejtek között azonban lazább a kapcsolat. A külső lemez sejtjei a védelem szolgálatában állanak. Egyes ostorosokhoz hasonló galléros ostoros sejtek építik fel a táplálkozást végző belső lemezt. A zoológusok megállapítása szerint a szivacsok galléros ostoros sejtjei és a telepképző galléros ostorosok annyira hasonlók, hogy az utóbbiakban kell feltételezni a szivacsok ősét.

Zachvatkin szovjet kutató azt írja a szivacsokról, hogy „ezeknek az állatoknak az embriogenezise az embriológiai paradoxonok valamiféle egyvelegének tűnik számunkra, a szokásos normától való eltérésnek és minden embrionális fejlődés legelemibb és legáltalánosabb törvényei megmagyarázhatatlan megsértésének". *Zachvatkin*nak ez a mondása is arra utal, hogy a szivacsok az állatvilág törzsfejlődésében is külön helyet kell, hogy elfoglaljanak. A szivacsok vakon végződő származási ágat képviselnek; hosszú földtörténeti időkön keresztül aránylag nagyon kis mértékű változást értek csak el.

A szivacsok azonban a többi soksejtű állattól nemcsak álszövetes voltuk miatt térnek el, hanem egyedi fejlődésüknek egy sajátos vonásában is. Mint tudjuk, egyedi fejlődésében a szivacs a bélcsíra állapotot nem lépi túl. Még ez sem volna olyan feltűnő, mert látni fogjuk, és már olvastuk is, hogy a valódi szövetes állatok között is találkozunk ilyenekkel. Ezeknél azonban az ősszájnyílás megmarad, míg a szivacsoknál a lárva az ősszájnyílás helyével tapad az aljzathoz, s ezzel a tapadási hellyel szemben alakul ki másodlagosan egy nyílás, amely azonban kivezető nyílás. A víznek s ezzel együtt a tápláléknak a bevezetésére a testfalat áttörő pórusok szolgálnak. Ezért is nevezi az állattan a szivacsokat *Poriferák*nak, azaz pórusviselőknek.

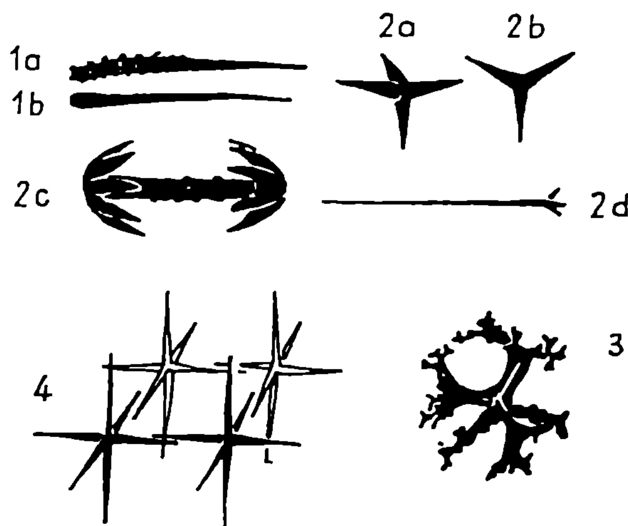
A rögzített életmód mellett most már világosan érthetővé válik számunkra, hogy miért olyan fontos a galléros ostoros sejtek, a *choanocyták* jelenléte a szivacsoknál. Ezek ostoraik mozgatásával a vizet oly módon áramoltatják, hogy a testfalat áttörő pórusokon keresztül a víz beáramolhassék az állati test belsejébe, az ősbélüregbe. Így részben a gázcseréhez szükséges friss víz kerül mindig a test belsejében levő sejtekhez, részben pedig a vízzel együtt apró szerves lények is belekerülnek, amelyek a szivacsok táplálékát szolgáltatják.

A szivacs testfala — már volt róla szó — a külső és belső csíralemezből áll. A kettő közötti kocsonyás tömegben, a *mesogloeá*ban alakulnak ki azok a szivacstűk, amelyek a test szilárdítását szolgálják. A szivacstűk anyaga vagy lágy szerves anyag, ilyenkor azt mondjuk, a szivacsnak hústűi vannak, vagy valamivel keményebb jellegű szerves anyagból, vagy pedig szervetlen anyagból állhat. A keményebb szerves anyagot *spongin*nak nevezik. Ezért hívják a szivacsokat spongyáknak is. Mindazoknak, akik ma már fél századot megéltek, kedves emléke a gyerekkorból. Akkoriban ugyanis a betűvetés mesterségét még palatáblán palavesszővel tanulgattuk, s a palatáblához hozzátartozik a zsinóron lógó kis spongyadarab is, amivel a palatáblát kellett letörölni. Nos, mi már akkor megismerkedtünk a szivaccsal. De csak annyit

hallottunk róla, hogy tengerből szedik a szivacsbúvárok! Sem a hústűk, sem a spongintűk nem alkalmasak fosszilizálódásra, s így az ősmaradvány-anyagból nem is kerültek elő.

De vannak szervetlen eredetű, vagy mész-, vagy kovaanyagból álló tűk is, amelyek fosszilisan is előfordulnak már. Ezek a tűk vagy csak laza szövedéket alkotnak, vagy pedig egymással szilárdan kapcsolódnak. Előbbi esetben az állat elpusztulása után széthullanak, s ezek az egyes elemek találhatók meg ilyenkor a fosszilis anyagban, utóbbiban azonban szilárdságukkal lehetővé teszik az egész szivacstest fosszilizálódását is.

A tűk alakja roppant változatos lehet (14. ábra), de bármilyen sokfélének is látszanak a tűk, végeredményben egytengelyű, négysugarú és háromtengelyű alaptípusokra vezethetjük vissza alakjukat. A szivacstűk fajilag — sajnos — nem jellemzők a szivacsokra, s így a magányosan előkerülő tű csak az általános típust illetően tud felvilágosítással szolgálni.



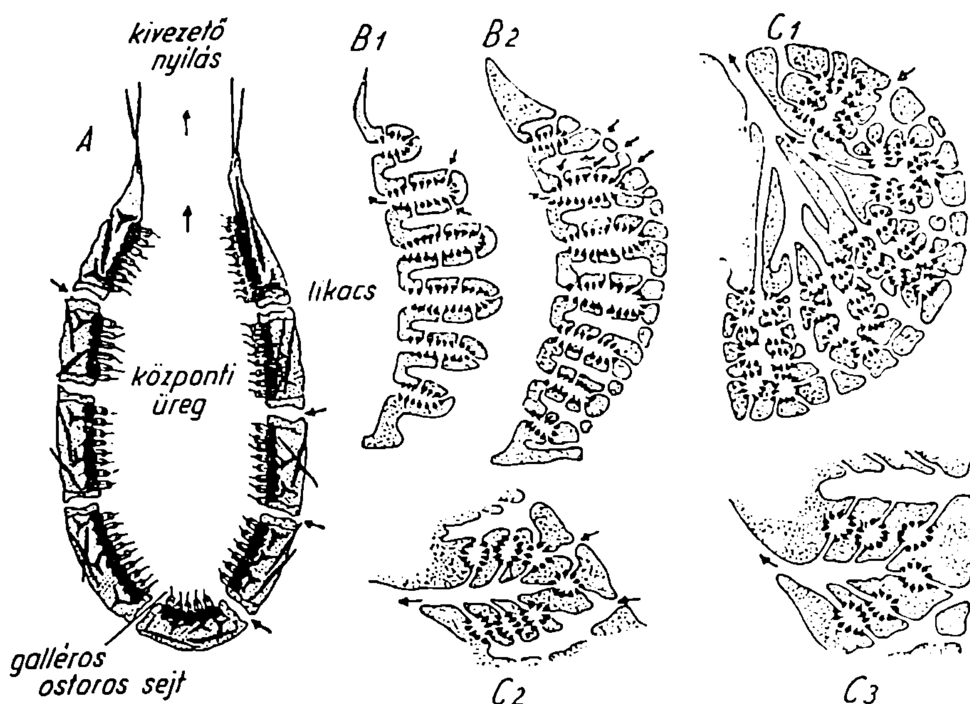
14. ábra. Szivacstű típusok — 1a—1b = *egytengelyű;* 2a—2b—2c—2d—3 = *különböző négytengelyű, és* 4 *háromtengelyű tű* (Moore—Laliker—Fischer *nyomán*

A szivacs testfalának felépítésében is bizonyos fejlődési egymásután ismerhető föl. A legfejletlenebb típusok testfalát egyszerű pórusok törik át; a következő állapotban a testfal megvastagodik és az ősbélüregből félgömb alakú kamrák nyúlnak bele. A vízmozgató *choanocyták* a belső testfalon ilyenkor már csak ezekben a kamrákban vannak meg. Még bonyolultabb típusok testfal-vastagodása tovább megy s a galléros ostoros sejtekkel kibélelt kamrák itt már egészen a testfalban helyezkednek el, s ebben csatornácskák segítségével egymással is összeköttetésben állnak. A testüregbe (ősbélüreg, amelyet *spongocoel*nek is mondunk) bekerült víz az ősszájnyílás helyével szemben levő helyen kialakult kivezető nyíláson át távozik (15. ábra).

A szivacsok egyik sajátságos csoportját a marószivacsok alkotják. Ezeket fúrószivacs néven is emlegetik, de helytelenül, mert vegyi úton, váladékuk segítségével végzik romboló munkájukat. Mészvázas puhatestűek házát, kagylóját vagy mészköveket szemelnek ki, ezekbe belemarják magukat, s közben labirintusszerű járatokat alakítanak ki. A fosszilis anyagban is megtalálhatók a maró szivacsok *(Cliona)* nyomai (16. ábra), s így tudjuk, hogy a szivacsoknak ez a csoportja már a szilúrtól kezdve végzi munkáját. Jellegzetes nyomaik, amelyekkel a bécsi egyetem egykori világhírű őséletbúvár professzora, *Abel* (1875—1946) is sokat foglalkozott, egyáltalában nem tartoznak a ritka ősmaradványok sorába.

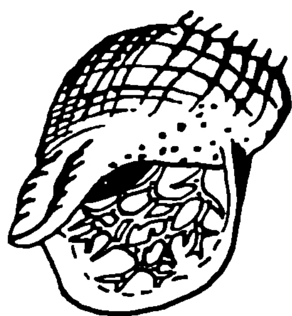
Nézzük meg, hogy az ősmaradvány-anyagban milyen szivacsokkal találkozunk és mit mondanak nekünk ezek a maradványok a szivacsok törzsfejlődéséről. Miután a kovaváz ellenállóbb a mésznél, nyilvánvaló, hogy a kovavázasok az ősmaradvány-anyagban gazdagabban képviseltek, mint a mészvázasok. (Azt, hogy hús- és spongintűk fosszilisan nem ismeretesek, már előbb említettük.)

A kovavázas alakok maradványai már a földtörténeti ókor elejéről, a kam-



15. ábra. A szivacsok testfal-típusai — A = *legegyszerűbb (ún. ascon);* B_1—B_2 = *bonyolultabb* (ún. sycon); C_1—C_2—C_3 = *a legbonyolultabb fal (leucon). Jól látható, mint válik a testfal bonyolultabbá, egyre tagoltabbá. A nyilak a víz áramlási irányát jelzik, a sötétebb részek pedig a galléros ostoros sejtek helyét tüntetik fel* (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

briumból is ismeretesek. Ezzel szemben mészvázasok csak a földtörténeti ókor közepétől, a devontól kezdve kerültek elő. A legrégibb ismert kovatűs alak házfal-szerkezete azonban már nem a legfejletlenebb típust képviseli, hanem a testfal fejlődésének második állapotát. Minden érv azonban amellett szól, hogy az ősi típus a legegyszerűbb testfal-alkotás volt. Minthogy ilyen a fosszilis kovavázas szivacsok között nem ismeretes, ebből a tényből arra kell következtetnünk, hogy a szivacsok törzsfejlődésének ősi szakaszait ősmaradványok, úgy látszik, nem őrizték meg. Mert nyilvánvaló, hogy a fejlettebb szervezettségre utaló testfal állapotának eléréséhez a törzsfejlődésben hosszú időre volt szükség. Valószínű tehát, hogy a szivacsok törzsfejlődésének hosszú kezdeti szakasza már a kambrium előtti időkben végbement.



16. ábra. Cliona — *marószivacs — nyomai csigaházon* (Easton *nyomán)*

A mészvázas szivacsok viszont megjelenésüktől kezdve mindmáig őrzik a legegyszerűbb testfal formát. A mészvázas szivacsok kezdettől fogva általában a sekélyebb tengerekben laktak és ma is ez a tengeri régió a legfontosabb élőhelyük. A kovavázasok közül azok élnek ma (és a földtörténeti múltban is) a tengerparthoz közeli sekély mélységekben, amelyeknek tűi egytengelyűek. Azok a szivacsok, amelyeknek négysugaras kovatűik vannak, már mélyebb vizekben találják meg legkedvezőbb életviszonyaikat. Legfőbb elterjedési területük 90 és 350 m közötti mélységben van. Ezek főleg a vastagfalú úgynevezett *Lithistidák*, amelyek a kovavázas szivacsok között az ősmaradvány anyagban is a legnagyobb szerepet játsszák. A háromtengelyű tűkkel bíró kovaszivacsok a nagyobb mélységeket kedvelik, ma főleg 200—500 m között találhatók, de egyes

alakjaik 4000 m, sőt néha 6000 m mélységből is előkerülhetnek. A nagyobb mélységben található alakok váza nem olyan vaskos, mint a sekélyebb tengeri formáké, hanem mintegy föllazul. Így jönnek létre azok a pompás szép szivacsvázak is, amelyeket például Venus-kosár néven ismernek a zoológusok. E váz artisztikuma valóban a sugárállatkákéval vetekszik!

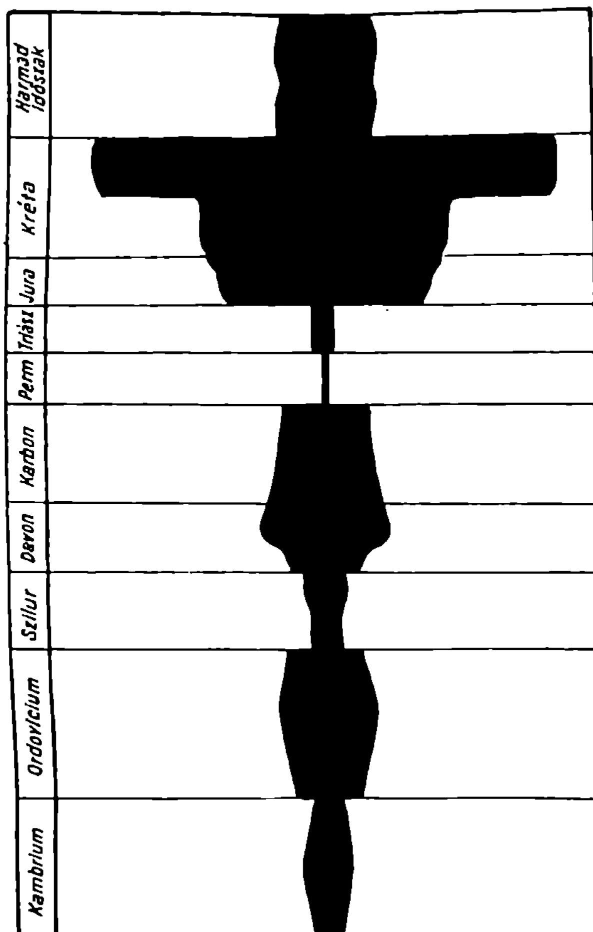
A földtörténeti múlt szivacsmaradványai főleg a már előbb említett *Lithistidák* és a háromtengelyű kovaszivacsok alakjait tartalmazza. Mindezek a maradványok a földtörténeti középkor végéig, a felső kréta időszakig, elsősorban olyan üledékekből kerülnek napvilágra, amelyek kétségtelenül sekélytengeri régióra utalnak. A sekélytengert bizonyítja a kőzetanyag csakúgy, mint a többi előkerült ősmaradvány is. Ehhez a tényhez hozzájárul még az is, hogy a kréta időszak után, a harmad időszaki üledékekben a kovaszivacs maradványok jelentős mértékben meggyérülnek, alig találhatók.

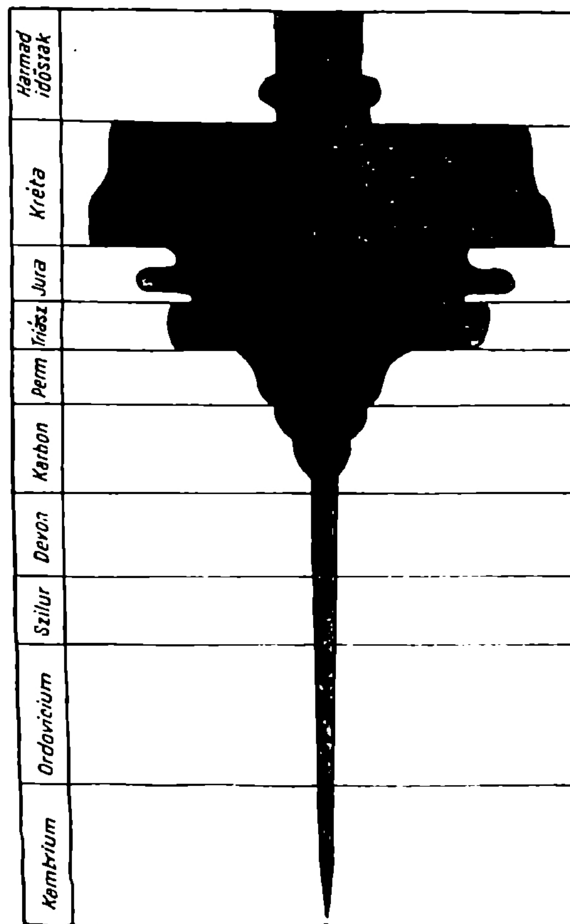
Ebben a jelenségben azt kell látnunk, hogy a szivacsokra nem alkalmazhatjuk minden további meggondolás nélkül a maiság elvét, vagyis az aktualizmus principiumát. Az aktualizmus szerint az ősvilági élet maradványainak értelmezésében a mai tényekből kell kiindulni. Miután a szivacsoknál az ősmaradvány-anyag kétségtelenül bizonyos mértékig eltérő s a maiaktól különböző körülményekre utal, ebben az esetben arra kell gondolnunk, hogy a kréta végével kezdődően a szivacsok bizonyos életmódbeli változáson mentek keresztül. Főleg a háromtengelyű vázzal bíró kovaszivacsokon figyelhetjük meg ezt. A szivacsok nagyobb mélységbe húzódtak le, a tengerfenék olyan területeire, ahol a víz már egészen nyugodt, semmiféle hullámverés nincs. Ezért vázuk — mint mondottuk — fellazult.

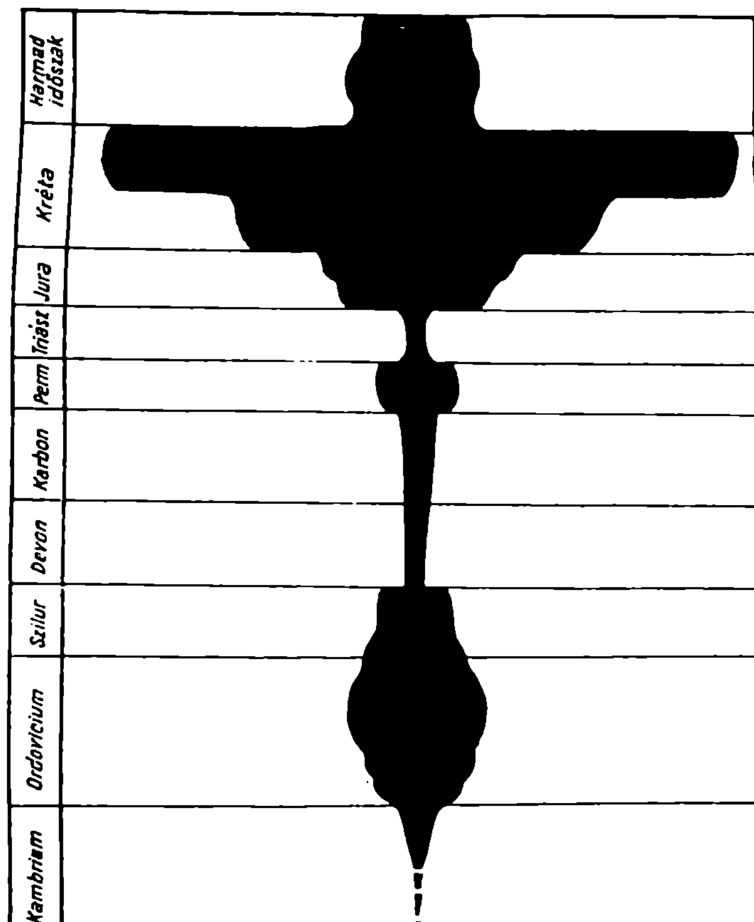
A harmad időszaktól kezdve a szivacsok az ősmaradvány-anyagban sokkal ritkábbak, mint a jura és kréta üledékeiben, amikor virágkorukat élték. A harmad időszaktól kezdve észrevehető megritkulásuk nyilván szorosan összefügg azzal a jelenséggel, hogy a háromtengelyű tűvel bírók a mélyebb tengeri régiók lakóivá lettek. Márpedig arról is beszéltünk az előzőekben, hogy a földtörténeti múlt mélyebb tengeri üledékei Földünk felszínén jóval kisebb kiterjedésben fordulnak elő, mint a sekélyebb tengerben lerakódott képződmények.

A szivacsok — mint az állatvilág fejlődésének oldalhajtása — valami csodálatosan lassú törzsfejlődési tempóról tanúskodnak. Az előbb említett mélyebb tengerbe húzódáson kívül még más oka is van megritkulásuknak. Ha ugyanis összehasonlítjuk a háromtengelyű (17. ábra), a négysugarú kovaszivacsok (18. ábra) és a mészszivacsok (19. ábra) alakgazdagságát a törzsfejlődés folyamán, akkor jól érzékelhetjük, hogy a mészszivacsok nemzetségeinek száma is jelentős mértékben gyérült a földtörténeti középkor után. Pedig életmódbeli változás ennél az utolsó két csoportnál nem következett be. A képek azonban jól érzékeltetik, hogy mindhárom csoport törzsfejlődésében a jura és a kréta időszak volt a legformagazdagabb szakasz. Ekkor volt virágkoruk. A három kép összehasonlítása viszont arról is meggyőz, hogy a szivacsok e három csoportjában különféle módon alakult a földtörténet egyes szakaszaiban az alakbeli gazdagság változatossága, de a jura-krétabeli felvirágzásban mindhárom csoport megegyezik.

A rajzok szerkesztője, A. H. *Müller*, aki a világ legrégibb bányamérnöki akadémiájának, a szászországi Freiberg őslénytani tanszékének a professzora, sok más állatcsoport törzsfejlődési viszonyairól is készített hasonló grafikonokat. A változások magyarázata — miért gyarapszik meg nemzetségeinek számában valamely állatcsoport, vagy éppen miért csökken meg a számuk — sok esetben elég jól értelmezhető és magyarázható. A szivacsoknak, ezeknek a minden szempontból annyira sajátságos és különleges állatoknak az esetében azonban eddig még nem sikerült kielégítő







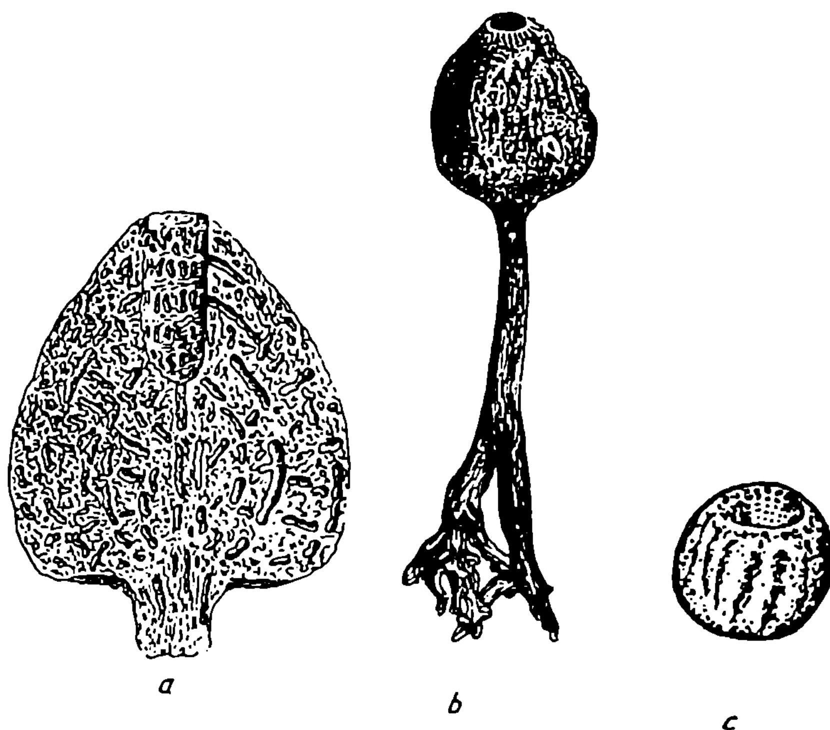
17. ábra (fent balra). A háromtengelyű kovaszivacsok nemzetségeinek gyakorisága a földtörténeti korok folyamán (a szivacsoknak ez a csoportja a felső krétában érte el virágzását)

18. ábra (alul). A négysugarú Lithistida *szivacsok virágzása a jurában indul meg, s ugyancsak a felső krétában éri el csúcspontját*

19. ábra (fent jobbra). A mészszivacsok csak a karbon időszaktól kezdve válnak gyakoribbakká; virágkoruk ezeknek is a kréta időszakra esik (A 17—19. ábra A. H. Müller *nyomán)*

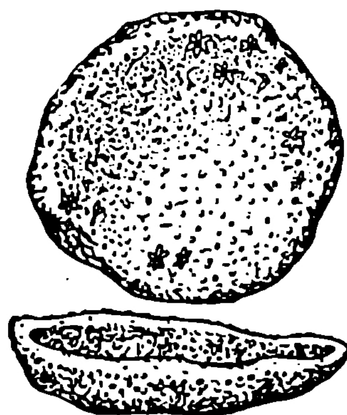
magyarázatot adni. Megoldatlan egyelőre ez a kérdés, de az élővilág sok egyéb kérdésének jövendő tisztázása bizonyára itt is meghozza majd a helyes választ.

Mint amolyan konzervatív, lassú törzsfejlődési ütemű csoport, a szivacsok nem tartoznak az úgynevezett „jó" korjelző ősmaradványok közé, bár néhány alak-

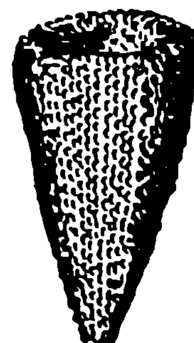


20. ábra. A Lithistida *kovaszivacsok sorában vezérlő ősmaradványok* Siphonia (b = *teljes alak,* a = *keresztmetszet) a jurában, és az* Astylospongia (c) *a szilurból* (A. K. Zittel nyomán)

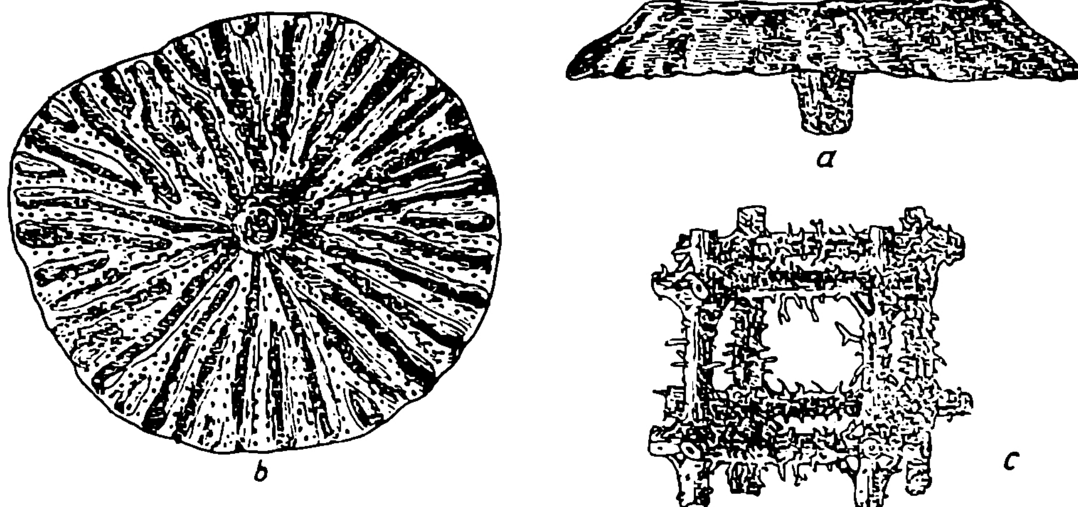
jukat szokták vezérlő ősmaradványokként emlegetni (20. ábra). Ilyen a *Lithistidák* sorából az ordoviciumi *Aulocopium*, a szilurbeli *Astylospongia*, a felső krétából a tulipánhoz hasonló *Siphonia tulipa*, vagy a körte alakú *Jerea*, a háromtengelyű szivacsok közül a szilur időszaki *Astraeospongium* (21. ábra), a felső jurabeli, kehelyre emlékeztető alakú *Tremadictyon* (22. ábra), vagy az össze nem téveszthető alakú, gombához hasonló, sőt talán esernyő alakúnak is mondható felső krétabeli *Coeloptychium agaricoides* (23. ábra). A mészvázas szivacsok sorából egy hazai leletet szeretnénk közelebbről kiemelni: a veszprémi Jeruzsálem hegy felső triászkori márgájából előkerült *Amblysiphonella lőrentheyi* nevű ősmaradványt (24. ábra).



21. ábra (balra). Az Astraeospongium *a szilurra jellemző háromtengelyű kovaszivacs felül- és oldalnézetben* (A. H. Müller *nyomán)*

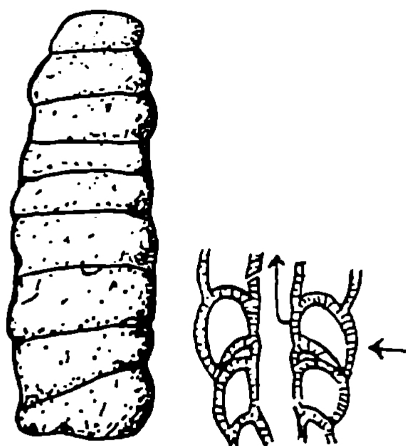


22. ábra (jobbra). Kehelyre emlékeztet a jurára jellemző Tremadictyon *alakja* (A. H. Müller *nyomán)*



23. ábra. Krétabeli a gombához hasonló Coeloptychium — a = *oldalnézet,* b = *alulnézet,* c = *a váz nagyított részlete* (A. H. Müller *nyomán)*

Századunk első évtizedében a magyar földtani kutatás kitűnő irányítója, *Lóczy* Lajos (1849—1920), aki kimagasló kutatásaival hallatlanul sokat lendített a magyar földtan ügyén, nagyarányú és széleskörű kollektív munkát indított meg a Balaton és környékének tanulmányozására. A kutatások eredményeit sok kötetes sorozat őrzi, amelyben természetesen jelentős szerepe van a földtani és őslénytani kutatások eredményeinek is. *Lóczy* Lajos nemcsak mint tudós, hanem mint szervező is kitűnő tulajdonságokkal rendelkezett, és számos külföldi kapcsolatát is mozgósítani tudta a Balaton tudományos tanulmányozásának céljaira. Míg a Balaton-felvidék földtani viszonyairól kiadott vaskos kötetet egymaga írta meg, addig a 4 még vastagabb őslénytani függelékként szereplő kötetben az előkerült anyag feldolgozásának eredményeit a világ legkitűnőbb specialistáinak tollából olvashatjuk. Így — egyebek között — a szivacsokat Vinassa *de Regny* olasz professzor monográfiája ismerteti. *Lóczy* őt kérte föl a szivacsok földolgozására s Vinassa *de Regny* eleget is tett a megbízásnak. Néhány új, eddig még nem ismert szivacs is előkerült a déli Bakony területéről, s ezek egyikét nevezte el *Lőrenthey* Imréről. *Lőrenthey* akkoriban a budapesti tudományegyetemen az őslénytan rendkívüli tanára volt, majd később, amidőn *Hantken* Miksa tanszékét újra fölállították, az őslénytan professzora lett. Az ő emlékét örökíti meg ez a jellegzetes, tagolt testű, felső triászbeli mészszivacs.



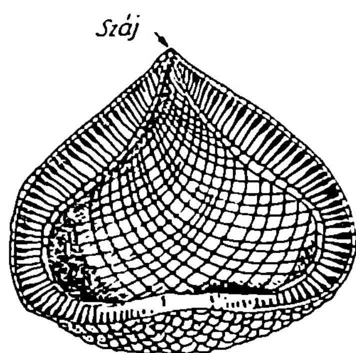
24. ábra. Az Amblysiphonella lőrentheyi *kőmagja* (a) *és keresztmetszete* (b). *A keresztmetszet a testfal szerkezetét mutatja, a nyilak a víz áramlási irányát* (Vinassa de Regny *nyomán)*

Talán kissé túl sok is volt a szó a szivacsokról, amelyek bizony igen lassú fejlődésűek, de sok szempontból, minden kezdetleges szervezettségük mellett is, az egész állatvilág egyik legérdekesebb csoportját képviselik. S mégis folytatnunk kell elmélkedésünket, ha nem is az igazi szivacsokról, hanem olyan ősmaradványokról,

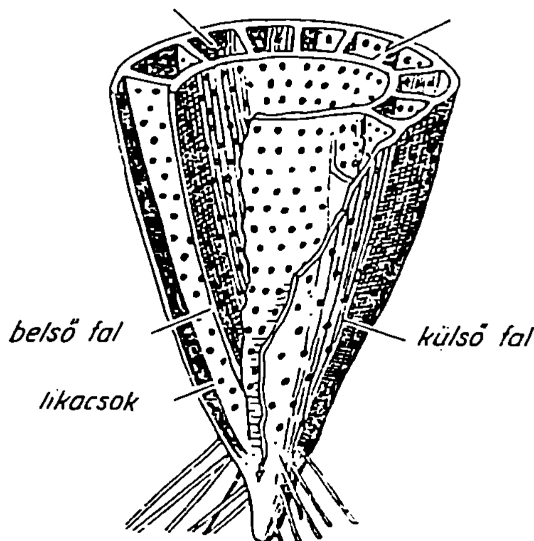
amelyek talán nem szivacsok, de mégis ezekkel hozhatók leginkább rokoni kapcsolatba.

A földtörténeti ókor első felében, az ordoviciumtól a devonig elég gyakran találhatók csepp alakú, kb. 5 cm nagyságú, mészvázú, *Receptaculites* néven leírt ősmaradványok. Pontosabb rokonsági körüket eddig ugyan nem sikerült meghatározni, de ma a paleontológusok túlnyomó nagy része erősen módosult szivacstűket lát a *Receptaculites* falát felépítő elemekben (25. ábra).

A másik csoport még több érdeklődésre tarthat számot. A *Receptaculites*nél is idősebb maradványokról van szó, amelyeket törzsfánk a szivacsok alatt külön levélként tüntet föl szivacsszerűek (*Archaeocyatha*) néven. Kettősfalú, kúp alakú maradványok (26. ábra.) A falakat likacsok törik át, s a két fal között függőleges lemezek is láthatók.



25. ábra. A Receptaculites *keresztmetszete* (A. H. Müller *nyomán)*



26. ábra. A szivacsok rokonságába sorolják a bizonytalan rendszertani helyzetű Archaeocyathákat *(vázlatos rajzunk testfelépítésükről nyújt felvilágosítást)*

Ilyen vázzal rendelkező alakok ma nem élnek, de a váz alakja és a falak likacsossága még leginkább azt teszi valószínűvé, hogy ezek az egykori élőlények a szivacsok rokonságába tartoznak. „Ideális" vezérlő ősmaradványok. Más szóval ez annyit jelent, hogy rövid ideig éltek, maradványaik csak az alsó és középső kambriumból ismeretesek, ezzel szemben nagy területen terjedtek el: délen egészen Új-Zélandig, északon pedig Szibéria 70° északi szélességen fekvő vidékéig is megtalálhatók. Az *Archaeocyathá*k zátonyalkotó szervezetek voltak. A mai zátonyalkotók földrajzi elterjedése korántsem esik ennyire tág határok közé, mert zátonyalkotók csak a meleg tengerek vizében tenyésznek. Ebből aztán sokan arra következtettek, hogy az alsó és középső kambrium idején egyenletes meleg volt Földünk egész felületén, ha zátonyépítő szervezetek ilyen tág határok között élhettek.

De talán más magyarázatot is találhatunk elterjedésükre. A geológusok túlnyomó többsége a lánchegységekben látható gyűrődések alapján arra gondol, hogy története folyamán Földünk egyre inkább zsugorodott. Az újabb vizsgálatok tükrében azonban egyre inkább úgy kezd festeni a dolog, hogy ennek az elgondolásnak

éppen az ellenkezője igaz: Földünk az elmúlt évszázmilliók folyamán tágult. Ennek a tágulásos elméletnek éppen magyar tudós, *Egyed* László professzor az egyik leglelkesebb harcosa. Adatai alapján kitűnő geográfusunk, *Kádár* László, a debreceni egyetem földrajzprofesszora olyan földgömböket szerkesztett, amelyeken a földtörténeti múlt kisebb kiterjedésű Földjének viszonyait figyelhetjük meg. Amidőn a kambriumi állapotot ábrázoló földgömbön *Kádár* László ezeket megmutatta, — legnagyobb meglepetésemre — azt láttam, hogy Szibériának azok a ma csaknem sarkköri területei, amelyeken a zátonyépítő *Archaeocyathák* maradványai megtalálhatók, jóval délebbre kerültek. Majdnem olyan szélességi körre, amely már közel áll a zátonyépítő szervezetek mai elterjedési területéhez. Ilyen alapon úgy látszik, hogy az őslénytan is szolgáltathat bizonyítékokat a tágulási elmélet számára.

Színpompás világ a tengerfenéken

Minden útleírásban, amelyben a Vörös-tenger szerepel, olvashatunk a korallok bámulatosan mozgalmas és színes világáról. A mozgalmas szó talán nem is hangzik itt egészen helyesen, hiszen a tengerfenékhez rögzített életmódot folytató állatokról van szó. Tapogatóik folytonos mozgása azonban a mozdulatlanul rögzített állat ellenére is roppant mozgalmas életet varázsol a néző szeme elé. Hogy a látványban még jobban gyönyörködhessünk, újabban üvegfenekű csónakokkal is rendeznek kirándulást a Vörös-tengeren. Akik ilyen csónakázáson részt vettek, mind a legnagyobb elragadtatással áradoznak a látottakról. Azt mondják, hogy már nem is lehet színpompáról beszélni, hanem egyszerűen színorgiát kell mondani. Nemrégiben egy nemzetközi összejövetelre egyik kollégánk éppen a Vörös-tengerről érkezett meg, ahol ő is részt vett az üvegfenekű csónaktúrán. A szakember lelkesedése még három-négy nappal az élményszerű utazás után is annyira élénk volt, hogy alig tudta magát a színpompás világ hatása alól kivonni.

Ez a színes élővilág az állatok törzsfejlődésében a szivacsokhoz még közelálló, de azoknál már mégis fejlettebb szervezettségű korallok csoportját képviseli.

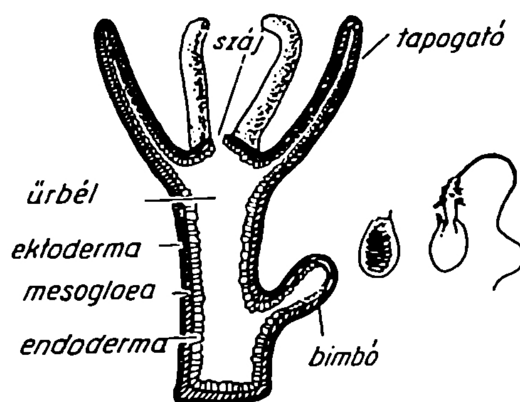
Miben hasonlítanak a korallok és rokonaik a szivacsokhoz? Abban, hogy mindkét csoport a testüregnélküli állatok fejlődési fokán áll. Tehát egyedi fejlődésében nem jut túl a bélcsíra állapotán. Éppen ezért a régebbi rendszertanok közös törzsben, az űrbelűek *(Coelenterata)* törzsében egyesítették ezeket az állatokat. A fennálló különbségek azonban arról győzték meg az állatrendszertan és az őslénytan művelőit egyaránt, hogy ez az összefoglalás nem helyes. Nézzük meg ezek után, miben mutatkoznak különbségek?

Fontos különbség, hogy a szivacsok ősszájnyílása bezárul, helyette a testfalat áttörő pórusok szolgálnak arra, hogy rajtuk keresztül a víz bejuthasson a test belsejébe, a *spongocoel*ba, míg a korallok ősszájnyílása megmarad, végleges szájnyílássá alakul. A szivacsoknál az ősszájnyílás eredeti helyével szemközt kivezető nyílás alakul ki, ilyennel a koralloknál és rokonainál nem találkozunk. A leglényegesebb különbség abban nyilvánul meg a két csoport között, hogy a szivacsok álszövetesek, míg a korallok és rokonaik már valódi szövetekkel bíró állatok. Az állatvilág szerveződésében ismét egy jelentős, minőségi, ugrásszerű változás következik be: a valódi szövet kialakulása.

A korallokat és rokonaikat egyúttal az is jellemzi, hogy szöveteikben úgynevezett csalánozó sejtek vannak, amelyek alapján ezt az egész állattörzset csalánozók *(Cnidaria)* néven foglalják össze. A test felületén, különböző helyeken, különböző sűrűség-

ben találhatók az ektodermában létrejött csalánszervek. Ezek csalánsejtekből állanak, amelyeknek tokjában van a hegyes, átfúrt csalánfonal. A test felületén látható a csalántüske. Ha ezt inger éri, a csalánfonal rugalmasan kilövell és a csalánsejt váladékát csatornáján keresztül az ingert keltő testbe juttatja. Ennek a berendezésnek részben védelmi, részben táplálékszerző szerepe van.

Eddig mindig csak annyit mondtunk, hogy a korallokról és rokonaikról van szó. Nézzük meg közelebbről ezt a rokonságot is! A testfelépítés hasonlósága, azaz valódi szövetek, azután csalánozó sejtek jelenléte és a testüregnélküliség állapota alapján a korallok rokonságába tartoznak a hidrák és a medúzák is. Mindezen alakok vízben élnek, többségük a tengerben. Legnagyobb részük sugarasan részarányos, a kétoldalian részarányosak ritkábbak. Szájnyílásuk körül egy vagy több körben elhelyezett tapogatók ülnek. Valamennyi csalánozóról elmondhatjuk, hogy vagy magányos, vagy telepes; vagy rögzített, vagy szabadonúszó életmódot folytat. Sokszor nemzedékváltakozás jelenségét is tapasztalhatjuk a csalánozóknál. Ez abban áll, hogy ivarosan és ivartalan úton létrejött nemzedékek váltják egymást. A kétféle nemzedék külső megjelenési alakja is elütő: polip és medúza. A polip a helyheznőtt, a medúza a szabadon úszó forma. Nem minden csalánozónál következik be szabályosan ez a váltakozás; vannak esetek, amikor egyik vagy másik alak kimarad.



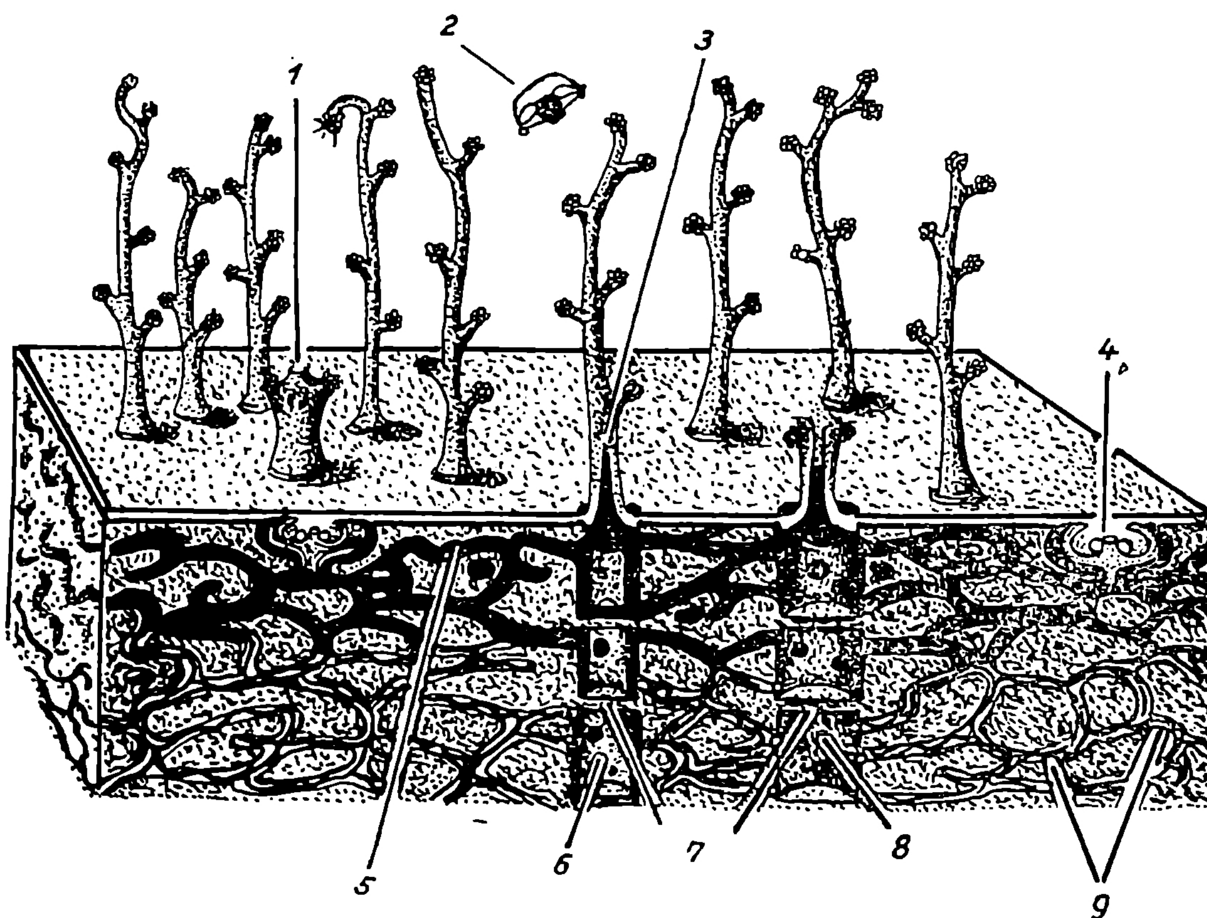
27. ábra. Édesvízi hidra hosszmetszete (jobb oldalt két csalánozó sejt: az egyik eredeti állapotban, a másik kilökött ostorral) (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

A csalánozók szervezettségének fejlődésére vonatkozóan a polipnemzedék ad világos magyarázatot. Egyes típusok polipjainak az ősbélüreg keresztmetszetében egyszerű kör alakja van. Ezeket nevezzük hidroid-polipoknak. Nyilván a legalacsonyabb fokú szervezettséget jelentik a csalánozók sorában. Magasabb fejlettségűek azok a polip típusok, amelyeket *scyphopolip* néven emlegetnek. Ezeknél az űrbélt, vagyis a *gastralis* üreget válaszfalak egy központi és négy kerületi részre tagolják. A legmagasabb szervezettségű alakoknál az űrbél még erősebben tagolt. Azonkívül pedig ennél az *anthozoo-polip*nak nevezett típusnál a szájlemezből garat indul az űrbél felé, s ennek végén van a tulajdonképpeni szájnyílás.

Az első esettel találkozunk egyebek között a mi édesvizeinkben is gyakori zöld hidránál. Ez az állat azon kevés csalánozó egyike, amelyik édesvízben él. A csalánozóknak ilyen hidroid-polippal bíró alakjait hidraállatoknak nevezi az állatrendszertan. Az édesvízi zöld hidra nem telepalkotó. Testének fölépítéséről a 27. ábra tájékoztat bennünket. A hosszmetszetben jól látjuk, hogy a testfal a külső és belső csíralevélnek megfelelően két rétegből s a köztük levő kocsonyás szerkezetű, már a szivacsoknál is emlegetett köztes rétegből *(mesogloea)* áll. Látjuk a tapogatók övezte szájnyílást, amely a tagolatlan űrbélbe nyílik. A kép alsó részén bimbózással új egyed van kialakulóban. Oldalt érintetlen és már „használt" csalánsejtet látunk.

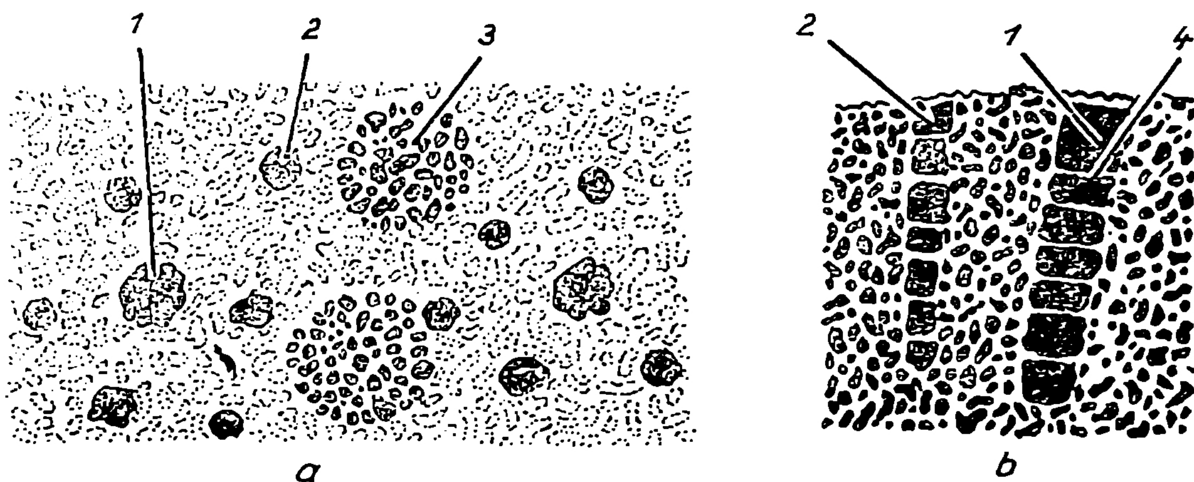
Van a hidrának még egy olyan tulajdonsága, amelyről érdemes megemlékezni: a nagyfokú regenerálódási képessége. Más állatok esetében is előfordul jelentős mértékű regenerálódás, de a hidra szinte egyedülálló ebből a szempontból. Ha egy hidrát darabokra vágunk, minden egyes darabból új egyed képződik, sőt, még ha szitán áttörjük, akkor is minden részecske új hidrává tud kiegészülni.

A tengerben élő hidrák legtöbbnyire telepalkotók. A telep nyélből s a rajta kialakuló egyedekből áll. A nyelet kitinszerű anyag veszi körül, amely szilárdításra szolgál. Ez a nyél sokszor úgy tapad meg az aljzaton, hogy elburjánzik, gyökérszerűen szétterül, és ebből a „gyökér"-ből több nyél is kiindulhat, úgyhogy egészen tekintélyes kiterjedésű telepek alakulhatnak ki. Vannak olyan alakok is, amelyeknél közvetlenül ebből a gyökérszerűen szétágazó részből nőnek ki az egyes egyedek. A gyökérszerű rész el is meszesedhetik, és így már alkalmassá válik arra is, hogy ősmaradványként megmaradhasson. Ennek az elmeszesedésnek köszönhető, hogy — ha nem is sok, de mégis egynéhány — hidramaradvány a földtörténeti múltból is ismeretes. Ha most még hozzátesszük, hogy egyes hidrák — s éppen azok, amelyeknek meszes részei is vannak — részt vesznek a zátonyok felépítésében is, akkor világossá válik, hogy a fossziliák között is van szerepük. A korallzátonyok építésében is résztvevő hidrafélék maradványai nálunk is megtalálhatók harmad időszaki képződményeinkben. Itt nem nőnek ki egyforma alakokat tartalmazó nyelek, de a különböző alakok nyoma az aljzaton megmarad (28. ábra), s ez a fosszilis anyag szerkezetében is fölismerhető (29. ábra).



28. ábra. A hidratelep vázlata a gyökérrész csatornajárataival s a különböző feladatokat végző polipokkal (gastrozooid, dactylozooid), *amelyek nagyobb* (gastroporus) *és kisebb átmérőjű* (dactyloporus) *csövekben folytatódnak a bázisban, vagyis gyökérrészben. A pórusokban lemezek is találhatók. A polipokon kívül medúzák is létrejönnek a telepben. Ezek szabadon úszó életmódúak. 1 = gastrozooid; 2 = medúza; 3 = dactylozooid; 4 = ampulla, amelyből meduza szabadul ki; 5 = felületi csatorna; 6 = dactyloporus; 7 = lemez; 8 = gastroporus; 9 = csatorna a telepben.* (Moore *nyomán)*

Más alakok hidratelepének az alja körkörös lemezek alakjában fejlődik, ismét másoké pedig amolyan mogyoró nagyságú, de korántsem szép sima felületű gömböcskék formájában jelentkezik. Ez utóbbiakat kissé részletesebben is megismertetjük. Ugyanabból a Jeruzsálem-hegyi felső triászkori márgából váltak egyebek között



29. ábra. Fosszilis Millepora-*telep felületi csiszolata* (a) *és keresztmetszete* (b). *Az ampullákban alakulnak ki a medúzák 1 = gastroporus; 2 = dactyloporus; 3 = ampulla; 4 = lemez* (Moore *nyomán)*

ismeretessé tömegesen, amelyről a szivacsoknál már megemlékeztünk. Sok-sok száz „mogyoró" került elő innen, amelyeknek a meghatározása hosszú időn keresztül nem sikerült.

Amikor a *Lóczy* Lajos megszervezte kollektíva még dolgozott, a gyűjtők a kis gömböcskéket nem méltatták figyelemre, s így történt meg, hogy a Balaton tudományos tanulmányozásának eredményeiről kiadott monográfiában ezek az ősmaradványok nem szerepelnek. Időközben kitört az első világháború, amely azután a *Lóczy* Lajos által összekovácsolt munkaegyüttes tudományos kutatásait is végleg lehetetlenné tette. Csak jóval a háború befejezése után került szőnyegre e maradványok kérdése. Egy lelkes gyűjtő hívta föl rájuk fiatalon elhúnyt paleontológusunk, *Kutassy* Endre (1898—1938) figyelmét. *Kutassy* Endre aprólékos könyvtári kutatás és sok múzeum anyagának áttanulmányozása után megállapította e maradványoknak a mibenlétét s kimutatta, hogy ezek a *Heterastridium conglobatum* néven ismert hidraféléhez s annak alfajaihoz tartoznak. Ez az állat a földtörténeti középkor elején, a triász időszak folyamán a meleg, ősi Földközi-tenger vizében nagy területeken élt, és a sekély tengeri régiókban tanyázott. Így azután az egykor félrelökött, ősmaradványnak el sem ismert kis gömböcskékről is kiderült, hogy az élet fejlődéstörténetének egy fontos láncszemét alkotják, amelyek nemcsak a bezáró kőzetréteg korára vonatkozóan adnak fölvilágosítást, hanem a kőzet keletkezési helyére és viszonyaira nézve is.

Tengerpartok közelében lakók jól ismerik a remeterákot. Ez a sajátságos, társaságot nem kedvelő rák üres csigaházakat keres, potrohát a csigaházba rejti, s azután vándorlásai során magával cipeli a csigaházat is, mint valami autó a lakókocsit. Persze, ez a hasonlat, már a mozgás sebességét tekintve is, épp olyan erősen sántít, mint a hasonlatok általában. De hát nem is ez a lényeges itt, hanem az a tény, hogy a mozgó csigaházakon is megtelepedhetnek hidratelepek, amelyek aztán egész sajátságos

külsőt ölthetnek. Egyiptom eocénkori rétegeiből *Kerunia* néven írtak le ilyen furcsa alakokat. A *Kerunia* név a lelőhely neve, Birket-el-Kerun nyomán adódott. Ehhez a *Keruniá*hoz megszólalásig hasonló ma élő ún. *Hydractiniá*kat találtak (30. ábra) a Fidzsi-szigetek közelében. Itt egy féreg lakócsövére telepedett rá a hidratelep. A két váz hasonlósága mindenesetre igen nagy. Megfigyelték azt a jelenséget is, hogy a *Hydractinia* csigaházra telepedett, amely a remeterák „pótkocsija" volt, s azt nemcsak a felületén nőtte be, hanem a csigaház szájnyílásába is behatolt. Ezzel persze a *Hydractiniá*nak óvatosan kellett eljárnia, mert a remeterák szabad mozgását nem korlátozhatta. Így aztán sokszor egészen sajátságos telepformák alakultak ki, amilyenek az ősmaradvány-anyagban is előfordulhatnak. Az ilyen maradványok természetesen igen alkalmasak arra sajátságos alakjukkal — s méghozzá esetleg rossz megtartásukkal is —, hogy alaposan igénybe vegyék a paleontológusok minden tudását és anyagismeretét, hogy e sajátságos maradványok igazi mivoltát megállapíthassák.



30. ábra. Az egyiptomi eocénkori rétegekből előkerült Kerunia *nagyon hasonlít a ma élő* Hydractiniára (Abel *nyomán)*

Fejezetünk elején már szó volt arról, hogy a csalánozók sorában a hidra képviseli a legegyszerűbb típust. Ennél fejlettebb a scypho-polippal bíró kehelyállatok sora. Sok olyan ősmaradvány van, amelyeket ezek közé soroznak, legtöbbjük azonban annyira vitatható, hogy biztos hovatartozandóságukról nem beszélhetünk. Könnyen el is képzelhető mindazok számára, akik valaha is láttak a tengerben olyan medúzát, amely a kehelyállatok sorába tartozik, hogy fosszilis előfordulásuk bizony alig lehetséges. Újabban ezekkel hozzák kapcsolatba azokat a földtörténeti ókor folyamán kihalt egészen sajátságos és nehezen értelmezhető maradványokat is, amelyeket mi a tengeri pillangóknál, vagyis a csigák egyik csoportjánál fogunk ismertetni.

A fejlődés sora azonban halad tovább, s így a csalánozók között most már meg kell ismerkednünk a legfejlettebb típust képviselő korallokkal is. Ezek a „virágállatok", amelyek nevüket nemcsak rögzített életmódjuknak, hanem színpompájuknak is köszönhetik. A korallok mind a tengerben élő állatok. A tengervíz sótartamának a változásaival szemben rendkívül érzékenyek, a sótartalom csökkenését nem viselik el: *sztenohalin* szervezetek. Ha a Világatlasz Ausztráliát ábrázoló lapját ütjük föl, akkor is megfigyelhetjük, de természetesen még világosabban látszik részletes hajózási térképen, hogy az Ausztrália északkeleti partvonalával párhuzamosan futó nagy korallzátony azokon a helyeken, ahol folyók ömlenek a tengerbe, megszakad. Ezeken a helyeken ugyanis a víz egy kissé kiédesedik a beömlő folyók víztömegétől, s ez a kisfokú felhígulás már elviselhetetlen a korallok számára.

A korallok között vannak magányos és telepes formák. A telepek néha nagy kiterjedésű zátonyokká nőhetnek. A zátonyok fölépítésében természtesen nemcsak korallok vesznek részt, hanem az állat- és növényvilág sok más tagja is. A növények sorából rengeteg moszat, az állatok közül, mint már említettük, egysejtűek, bizonyos szivacsok, hidrafélék, de mohaállatok, pörgekarúak, sőt kagylók és sok más egyéb szervezet is ismeretes mint zátonyépítő.

A magányos koralloknak mind a hő-, mind a fényigénye lényegesen kevesebb a telepesekénél, illetve a zátonyképzőkénél. Míg magányos korallok néha több ezer m mélységben, fény nélkül és hideg vízben is élnek, addig a zátonyépítők 35—50 m, kivételesen 80—100 m mélységig élnek meg s csak a legalább 18-20C° hőmérsékletű vízben. Ha megnézzük, hogy ma hol találunk korallzátonyokat, kiderül, hogy elter-

jedésük nagyjából a 30° északi és déli szélesség közötti területre korlátozódik. Az aktualizmus alkalmazásával, amelyről már megemlékeztünk, azt az álláspontot képviselik az őséletbúvárok, hogy azok a tengerek, amelyekben a földtörténeti múltban korallzátonyok alakultak ki, ugyancsak melegvizűek voltak. Az őslénytan egyik lényeges megállapítása, hogy a zátonyépítő korallok éppenúgy, mint a többi zátonyépítő szervezet is, nem viseli el a hőmérséklet-ingadozást, tehát *sztenotherm* szervezetek.

Egyébként a zátonyépítés is különböző helyeken mehet végbe, ezért a zátonyoknak is többféle fajtáját szokás megkülönböztetni. A zátonyok különböző formáival annak idején már *Darwin* is foglalkozott. Az ő nyomán fejlesztették azután még tovább a zátonyok kutatását és rendszerezését. Általában 3 típust szoktak megkülönböztetni. A *szegélyzátony* közvetlenül a tengerparthoz csatlakozik és azzal párhuzamos lefutású. A nyílt tenger felé a zátony meredeken esik le. A másik típus a *sánczátony*, amely a szegélyzátonnyal néha szoros kapcsolatban áll. A sánczátony is a parttal párhuzamosan fut le, azonban attól távolabb. Az előbb említett keletausztráliai nagy zátony esetében a sánczátony a parttól mintegy 30—100 km távolságban húzódik. Magának a zátonynak a szélessége 300—500 m-nél nem több, de annál kiterjedtebb hosszirányban. Ez Földünk leghosszabb zátonya: mintegy 2400 km. A másik ilyen hosszan elnyúló, de zárt ellipszis alakú sánczátony Új-Kaledónia szigetét veszi körül — nem kevesebb, mint 1500 km hosszúságban. A sánczátony és szegélyzátony összefonódása pedig a Vörös-tengerben figyelhető meg legszebben.

A korallzátonyok legérdekesebb típusát az *atollok* képviselik. Többé-kevésbé kör alakú zátonyok, amelyek a nyílt tenger felé nagyon meredeken hajlanak le, belül pedig sekély medencét, lagunát fognak közre. Az Ausztráliától keletre és északra fekvő óceáni területen ezrével találhatók atollok. *Darwin* szerint ezeknek a keletkezése a nagy óceáni mélységekből hirtelen kiemelkedő, legtöbbnyire vulkáni eredetű szigeten megindult szegélyzátonnyal kezdődött. Az óceáni fenék lassú, állandó süllyedése következtében a szigetet először a szegélyzátonyból kialakult sánczátony vette körül, amely azután a további süllyedéssel kapcsolatban atollá alakult át. A lassú süllyedés természetesen azt is magával hozta, hogy a korallzátony nagyobb mélységbe jutott, mint amilyenben a zátonyképzők még megélhetnek. A zátonynak ez a nagyobb mélységbe jutott része elpusztult, és a korallok egyre magasabbra és magasabbra nőttek, hogy a számukra kedvező mélységet tarthassák meg. Így jöttek létre a sokszor több száz méteres vastagságot elérő zátonyok, amelyeknek az alján az elhalt koralltelepek, tetején pedig, kedvező mélységben, az élő állatvilág található.

Nagy nevezetességre tett szert ebből a szempontból az Ellice-szigetcsoport egyik kis szigete, Funafuti. A Csendes-óceán nyugati részének szigetekben oly gazdag világában van az atollok igazi hazája. Az Ellice-szigetcsoport mindössze 26 km kiterjedésű és több apró kis atollból áll. *Telegdi-Roth* Károly (1886—1955), az első magyar Ősállattan c. tankönyv szerzője, erről szólva megemlíti *Darwin* elméletét. *Darwin* szerint az atollok úgy alakultak ki, hogy vulkáni szigetek a legfiatalabb földtörténeti időkben besüllyedtek. *Telegdi-Roth* ezt az elgondolást, legalábbis az atollok nagy részére, helyesnek látja. Az Ellice-szigetcsoport Funafuti szigetén végzett próbafúrás eredménye is ezt igazolta. A sziget mintegy 4000 méteres tengermélységből emelkedik ki, külső lejtője 800 m mélységig még mindig 25° és csak onnan kezdve laposodik el. 1600 és 2600 m között talpát zátonytörmelék borítja. A közrezárt laguna csak mintegy 50 m mély. Az atollnak a tenger színe fölé eső része keskeny, üreges zátonymészkőből áll. Anyagának felépítésében sokkal több *Foraminifera*-iszap és *Lithothamnium* — azaz mészvázas alga — van, mint amennyi a koralltelepek anyaga. A próbafúrás 340 m mélyre hatolt le anélkül, hogy a zátony alját elérte volna. A fúrási anyagból kikerült *Foraminiferák* a *benthosz*hoz tartozó, vagyis a tengerfenéken élő

típusok, valamennyien ma is élő formák, éppúgy a korallok is; 28 faj közül csak 6 olyan akadt, amely ma a Funafuti zátonyon nem él, de azok is megtalálhatók a Csendes-óceán faunaterületének más atollján. Mindebből az következik, hogy az atoll mélyre süllyedt részei is a legfiatalabb földtani időszakban épültek, hogy tehát a Funafuti atoll keletkezésére a *Darwin* és a világhírű ásványtudós *Dana* által felállított elmélet kétségtelenül megállja helyét. „Ezzel szemben a Bermuda főszigeten 1914-ben 435 m mélységre lefúrt lyukban a korallzátonyt csak 116 m vastagságban lehetett kimutatni, alatta vulkán tömege foglalt helyet" — írja *Telegdi-Roth* Károly.

Azt, hogy a zátonyépítő korallok számára a legkedvezőbb mélység miért éppen 35 méterig terjed, az a tény magyarázza, hogy ezek az állatok egysejtű zöldalgákkal élnek együtt, szimbiózisban. A szimbiózis különféle fajú alakoknak olyan együttélése, amidőn az együttélés mindkét szervezet számára előnyös. Az algák a növények közé tartoznak, s így táplálkozásukhoz napfényenergiára van szükségük. A korallok az algákat azért nem bántják, mert csak állati eredetű táplálékkal élnek, s így az egysejtű növényeket nem eszik meg. Az algák számára meg a korallok kiválasztási termékei jelentenek hasznot, mert ezeket saját táplálkozásukban felhasználják.

Érdekesek azok a megfigyelések is, amelyek a zátonyok növekedésére vonatkoznak. Ezek szerint a zátonyok magassági növekedése évi átlagban ½ és 3 cm között váltakozik, úgyhogy az óceáni fenék egyidejű süllyedését föltételezve, 80 m vastag zátony kialakulása 2400—16 000 év alatt mehet végbe. A zátony viszont elpusztul, ha az óceáni fenék süllyedése gyorsabb ütemben történik, mint amilyen gyorsasággal a zátony fölfelé növekedni tud. Ilyenkor részben a fényhiány miatt következik be az elhalás, részben a szárazra kerülés vagy a víz eliszaposodása, vulkáni laza törmelékkel történő elboríttatása, a tengervíz sótartalmának megváltozása és a vízhőmérsékletnek 18C° alá süllyedése miatt. Igen érdekesek, de nagyon aprólékos, pontos megfigyeléseket követelnek meg azok a kutatások, amelyek a földtörténeti múltból ismert korallzátony-képződményekre vonatkoznak, s a fent felsorolt okokat igyekeznek kimutatni a régmúlt földtörténeti időkben.

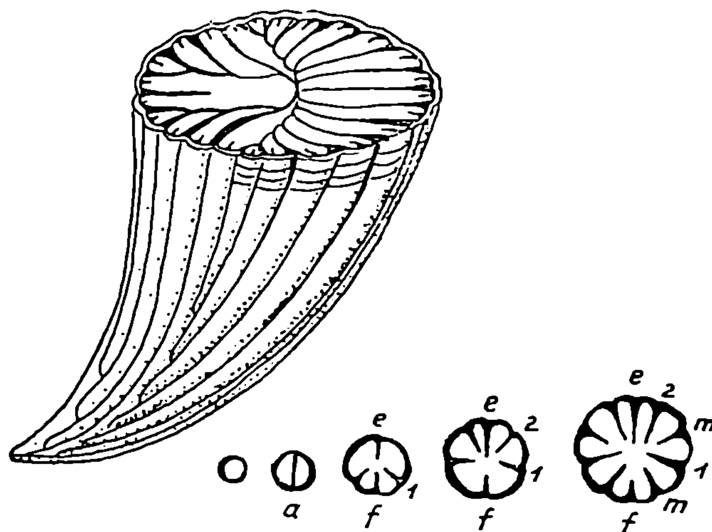
Mint láttuk, a korallok világának, különösen a zátonyoknak élete rendkívül érdekes és a tudományos kutatás számára is hallatlanul izgalmas kérdéseket vet föl.

Most azonban vizsgáljuk meg azt is, hogy a koralloknak milyen a szervezettsége. A csalánozók említésekor már ismertetett két alapforma közül a koralloknál csak a polippal találkozunk. Azt már hallottuk, hogy a korallok polip alakja, az anthozoopolip képviseli a legfejlettebb típust. Ennek ősbélüregét sok sövény tagolja s a tulajdonképpeni szájnyílás garatcső végén nyílik az erősen tagolt ősbélüregbe. A korallok egy részénél az egész test felépítésében csak lágy szövetek vesznek részt, egy más részüknél szaru anyag is előfordul. Természetes, hogy ez a két típus az ősmaradványanyagban nem található meg. De vannak olyan korallok is, amelyek meszes vázat alakítanak ki s ezeket kőkoralloknak *(Madreporaria)* nevezik. Ezek már alkalmasak arra, hogy ősmaradványok formájában fennmaradhassanak. S ezeknek a kőkoralloknak a maradványait valóban ismerjük is, ha nem is a földtörténeti ókor legelejétől, a kambriumtól kezdve, ahonnan csak bizonytalan nyomaik maradtak, de a következő időszaktól, az ordoviciumtól kezdve már biztosan kimutathatók.

Egyik fő csoportjuk, a rendszertanban a korallok *(Anthozoa)* osztályának egyik alosztálya a nyolcas korallok *(Octocorallia* vagy *Alcyonaria)*. Ezeknél 8 lágy sövény tagolja az ősbélüreget az állat egész életében. Kevés alakjukon a lágy sövények között meszes sövények is jelentkeznek. Éppen ezért ezt a csoportot az ősmaradványok általában csak nagyon gyéren képviselik. Jellegzetességük, hogy alig van köztük magányos alak, túlnyomó nagy többségük telepalkotó. A szájlemezen a

garatnyílás körül 8 erősen tagolt, cafrangos tapogató ül. Ezeknek száma az állat életkorával éppen úgy nem emelkedik, mint a lágy sövényeké sem.

A második főcsoport olyan alakokat tartalmaz, amelyekben a lágy és a meszes sövények száma is az állat életkorával a 4, illetve a 6 többszöröse szerint gyarapszik (négyes, ill. hatos korallok). Gyakoriak közöttük a magányos alakok, de éppen úgy a telepalkotók is. Eltérés a nyolcas korallokkal szemben az a tény is, hogy a garat



31. ábra. Négyes korall szeptum-rendszerének és a szeptumok kialakulásának vázlata. A keresztmetszet-sorozat a legfiatalabb állapottal kezdődik. Azután kialakul egy tengelyi (axiális) szeptum, amely később kettéválik. Azt a részét — amelynek közelében az ún. első oldali szeptumpár alakul ki — főszeptumnak, a szemköztit, amelynek a két oldalán az ún. második oldali szemptumpár alakul ki, ellenszeptumnak nvezzük. A többi szeptum neve: metaszeptum. a = *axiális-*, f = *fő-*, e = *ellen-*, 1 = *1. oldali*, 2 = *2. oldali*, m = *metaszeptum (*Easton *nyomán)*

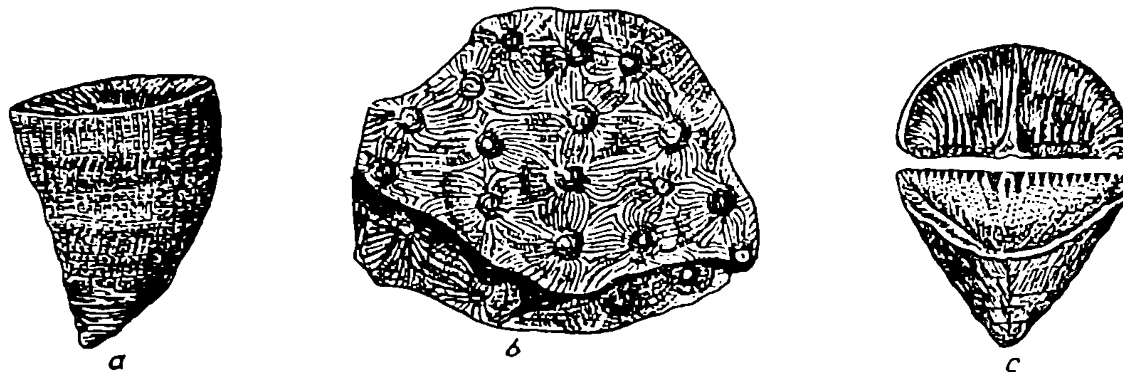
körül elhelyezkedő tapogatók száma az állat életkorával együtt nő; a tapogatók — amelyek egyszerűek, kesztyűujjszerűek — több körben helyezkednek el.

A kőkoralloknak ebben a *Zoantharia* néven összefoglalt alosztályában ismét 3 külön típust különböztethetünk meg, amelyek közül azonban kettő csak a földtörténeti ókorból, a harmadik pedig a földtörténeti középkortól kezdve máig ismeretes.

Az előbbi kettő közül az egyik a négyes korallok csoportja, amelyeknek ugyan teste felületes szemléletre sugaras szimmetriájúnak látszik, ha azonban részletesebben figyeljük meg az állati test szervezettségét, csakhamar felismerhetjük, hogy fölépítésének alapja a kétoldali részarányosság. A meszes sövények kialakulási rendje (31. ábra) ezt világosan elárulja. Ezek az alakok az ordoviciumban jelennek meg s a földtörténeti ókor végén kipusztulnak. Így azt mondhatjuk, hogy a négyes korallok a földtörténeti ókor vezérlő ősmaradványai. Vannak köztük mind magányos, mind telepes alakok; vannak olyan sajátságos négyes korallok, amelyeknek kehelyfedőjük is van; és végül vannak olyan fajok is, amelyek rövid életűek, s így meghatározott földtörténeti szakaszokra jellemzők (32. ábra).

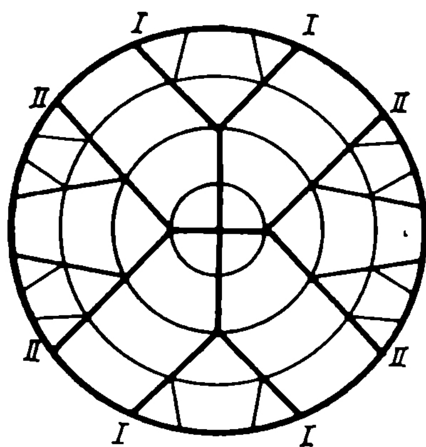
A négyes korallokból a karbon időszak elején kiindult egy új származási vonal, amely azonban igen rövid életű volt és már az alsó karbonban ki is halt. Mindössze két nemzetség tartozik ide, amelyek közül az egyik számunkra azért nevezetes, mert képviselőit *Földvári* Aladár, a debreceni egyetem geológus professzora a dunántúli alsó karbonban is megtalálta. Ez a *Hexaphyllia* nemzetséget képviseli. A másik

nemzetség a *Heterophyllia* (33. ábra), s ez a két nemzetség együtt a *Heterocorallia* rendet alkotja. Ezekben a meszes sövények kialakulása először a négyes korallokra jellemző módon indul meg, majd úgy folytatódik, amint azt a földtörténeti középkor elején megjelent típusokon látjuk. A *Heterocoralliá*knak ez az alakokban szegény csoportja az alsó karbon aljára szorítkozik, s így a földtörténeti korhatározásban mint kitűnő vezérlő ősmaradvány játszik szerepet (34. ábra).



32. ábra. Négyes korallok. a = *A magányos* Zaphrentis *főleg a karbon időszakra jellemző, de már a szilurban is élt;* b = *telepalkotó a devonbeli* Billingsastraea*;* c = *a kehelyfedős* Calceola *a középső devon szintjelzője* (a *és* c Zittel, b Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

A földtörténeti ókor négyes koralljaitól származtathatók le a földtörténeti középkor elejétől mindmáig élő hatos korallok is. A négyes koralloktól abban térnek el, hogy meszes sövényeik közül az első hat részarányos elrendeződésben egyszerre jelenik meg, a következőkben pedig a térközök felezőiben újra 6, majd 12, azután 24 stb. meszes sövény alakul ki egyszerre, azaz ciklikusan. Ezért szokták ezeket az alakokat *Cyclocorallia* néven is emlegetni (35. ábra). Mint a négyes korallok között, ezeknél is vannak (természetesen mind a magányos, mind a telepalkotó alakok között) olyanok, amelyek csak rövid földtörténeti időn keresztül éltek s így jó szintjelzők. A magányosok sorából megemlítjük a *Montlivaltia montis Hyerosolimorum* nevű fajt, amelynek hosszú neve magyarra fordítva annyit jelent, mint a Jeruzsálem-hegy *Montlivaltiá*ja. Ez a faj is, amelyet a budapesti egyetem egykori geológus-paleontológus professzora, *Papp* Károly (1873—1963) írt le a *Lóczy* Lajos szervezte nagy munka keretében, a veszprémi Jeruzsálem-hegy felső triászbeli — immáron sokadszor említett — márgájából került elő.

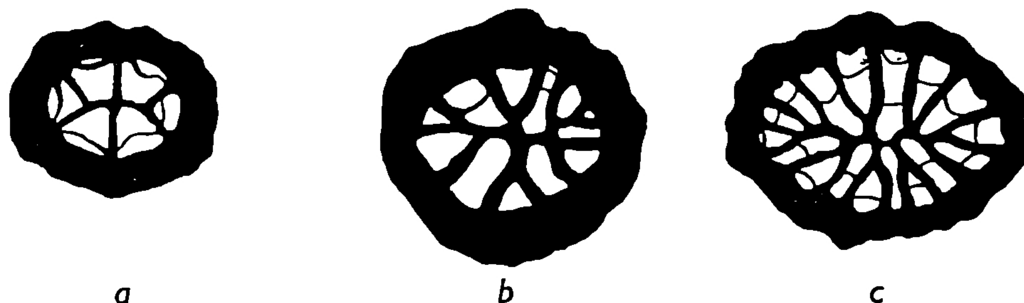


33. ábra. A Heterocorallia *szeptumainak a kialakulása vázlatosan* (Schindewolf *nyomán)*

Nevezetes nemzetség a krétára jellemző *Cyclolites* is. Erről néhány évvel ezelőtt *Géczy* Barnabás — a sümegi lelőhely több ezer példánya alapján — olyan kitűnő monográfiát írt, amelyet a külföldi szakemberek is rendkívüli elismeréssel idéznek. A monográfia a korszerű őslénytani szemléletnek megfelelően nemcsak az egyes *Cyclolites* fajok alaki bélyegeit rögzíti aprólékos gondossággal, hanem egész sereg élettani vonatkozású kérdést is megfejt. Abból a tényből, hogy egyes fajok nagy földrajzi elterjedésben ismeretesek a felső kréta időszak különböző rétegeiből, arra következtet, hogy környe-

zettani tekintetben nagyfokú tűrőképességgel rendelkeztek. Részletes fejtegetései világosságot derítenek a *Cyclolites*ek szaporodására vonatkozóan is. A korallok közt előfordul mind az ivaros, mind pedig az ivartalan szaporodás. Még a nem szakember számára is izgalmasan fejtegeti *Géczy* Barnabás nagy munkája azokat a tényeket, amelyek igazolják, hogy a sümegi *Cyclolites*ek ivarosan szaporodtak.

Azért írtam, hogy még a nem szakember számára is izgalmasak az okfejtések, mert világosan megismertetik az olvasóval az ősvilág életjelenségeinek nyomozásában a sokoldalú vizsgálatok szükségességét, a gondolati, logikai összefüggések elemzésének fontosságát. Megtanítanak arra, hogy a megfigyelt adatokat hogyan kell az irodalommal összevetni, és mindezek alapján szigorú tudományos kritikával a végeredményeket megállapítani. Azt kell szinte mondanunk, hogy az ilyen természetű munka a detektívregények izgalmasságát sem nélkülözi.



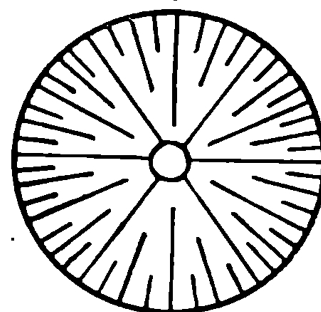
34. ábra. Hexaphyllia *kelyhe* (a); Heterophyllia *kelyhe fiatalon* (b), *és kifejlett állapotban* (c) (Schindewolf *nyomán)*

A sok ezer különböző korú példány arra is lehetőséget adott, hogy a 80—90 millió évvel ezelőtt élt *Cyclolitesek* egyedi fejlődését pontosan megismerhessük, s ebből bizonyos következtetéseket vonhassunk le törzsfejlődési szempontból is.

A hatos korallok telepei hazánkból ugyancsak sok helyről ismeretesek. Egyik leggazdagabb lelőhelyük a miocénkor egy igen gyakori nemzetségének, a *Heliastraeá*nak szolgáltatta számos szép darabját. A hegyes-völgyes Nógrád megye egyik kis falujának, Sámsonházának a közelében emelkedik a Buda-hegy. A Buda-hegy felépítésében fontos szerepet játszanak a miocénkor mészkő rétegei. Ezekben sok helyen tekintélyes tömbökben fordultak elő a *Heliastraea* telepei. A meredek hegyoldalon sokszor a völgybe is legördültek a kimállott tömzsök s bőséges anyagot szolgáltattak a gyűjtők számára. Jutott is az anyagból sok múzeumnak!

A hatos korallok néhány jellemző alakját a 36. ábrán láthatjuk.

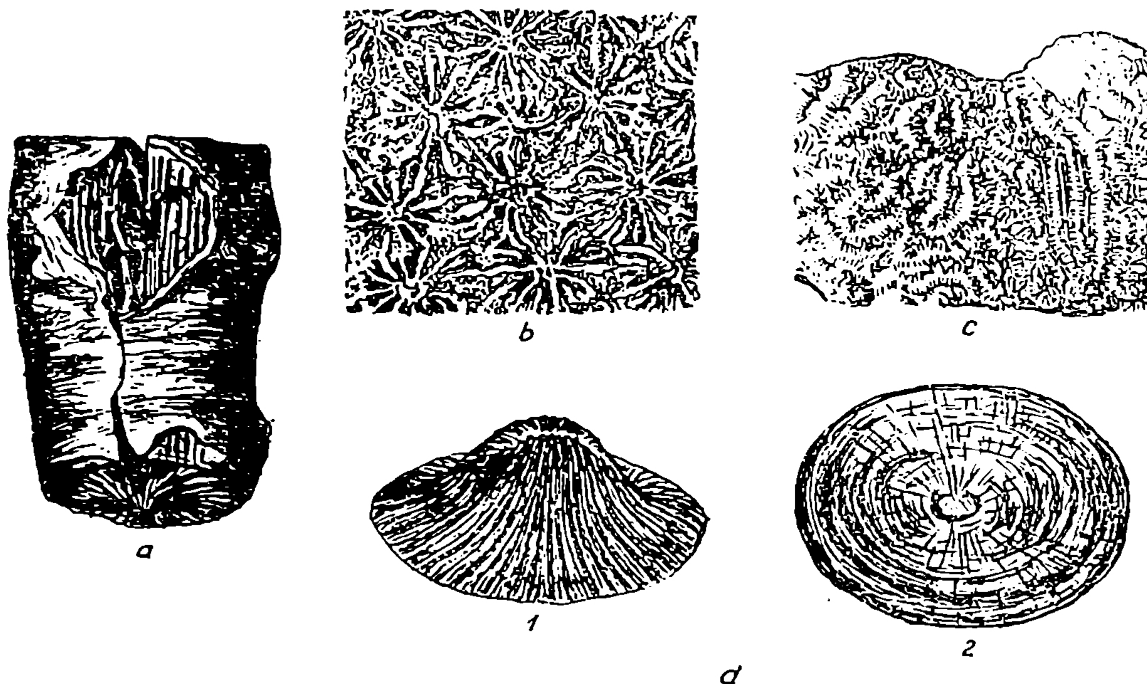
Van azután a korallok osztályának egy harmadik főcsoportja, helyesebben alosztálya is. Ide csupa olyan alak tartozik, amely ma már nem él, sőt közeli rokonai sincsenek. Ezeket fenéklemezes koralloknak *(Tabulata)* nevezik. Valamennyien telepalkotók. Az egyes egyedek többnyire hoszszúk és karcsúk. Az egyedek belső világát többé-kevésbé szabályos távolságban ún. fenéklemezek, tabulák (innen a nevük) tagolják. Nagyon jellemző a fenéklemezes korallokra, hogy meszes sövényeik erősen visszafejlődtek, sokszor csak gyenge tüskék. Az is érdekes sajátossága a korallok ezen csoportjának, hogy testfaluk erősen likacsos. Biztosan csak az



35. ábra. Hatos korall szeptum-rendszere kialakulásának vázlata. Egyszerre egy ciklus jelenik meg az előző szeptumok közötti tér felében. A fiatalabb szeptumok egyre rövidebbek (Easton *nyomán)*

ordoviciumtól a földtörténeti ókor végéig mutathatók ki; fiatalabb alakok előfordulása kétes. Egyesek ui. még a harmad időszak legelejéről is írtak le *Tabulata* maradványokat. Ezek azonban valószínűleg az állatvilágnak más, magasabb szerveződésű képviselőitől származnak.

A 37. ábrán bemutatott fenéklemezes korallok közül nagy érdeklődésre tarthat számot a devonra jellemző *Pleurodictyum problematicum*. Már a név is elárulja, hogy sok fejtörést okozott a kutatóknak. Ez a fenéklemezes korall tál alakú telepeket épít. A telep közepén féregmaradvány látható. Biztosra veszik, hogy ebben az esetben is



36. ábra. Hatos korallok — a = *a triásztól a krétáig élt magányos korall, a* Montlivaltia; b = *telepes hatos korall a* Montastrea; c = *jellegzetes alakú a* Leptoria *telepe*. d = *a krétában élt a magányos* Cyclolites *(1 = oldalról, 2 = alulról)* (Moore *és* Zittel *nyomán)*

olyan együttélésről van szó a korallok és a féreg között, amelyből mindkét félnek haszna van. Előbb már említettük, hogy a korallok gyakran élnek szimbiózisban moszatokkal. Valószínűleg ugyanez az eset itt is, azzal a különbséggel, hogy nem alacsonyrendű növény, hanem a korallnál magasabb szervezettségű állat az együttélő társ.

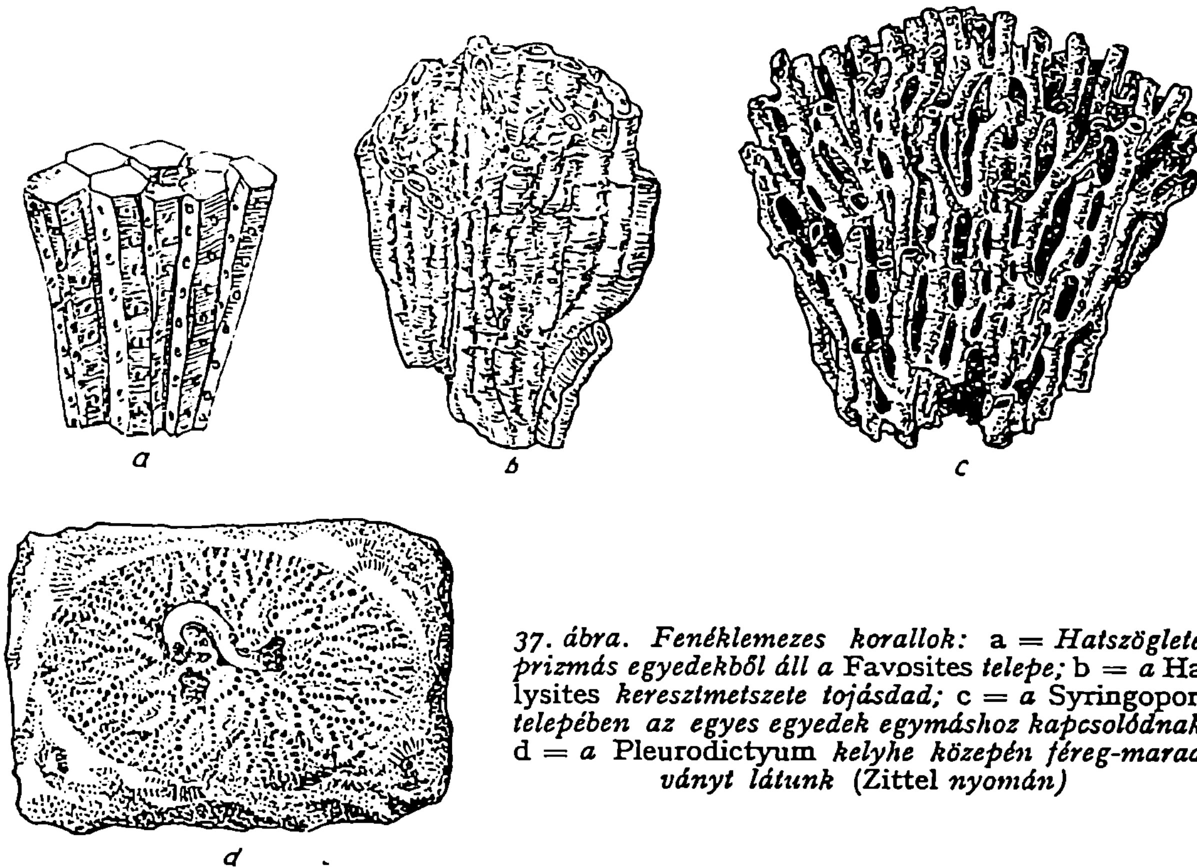
Hadd említsünk meg a *Pleurodictyum*mal kapcsolatosan egy érdekes hazai vonatkozást. Előbb már szó volt arról, hogy ez az ősállati maradvány a devon időszakra jellemző. Magyarországon devon időszaki ősmaradványok eddig még nem kerültek elő. De ennek az alaknak néhány példánya különböző gyűjteményeinkben megtalálható. A irodalomban, amely egyébként a *Pleurodictyum*mal kapcsolatosan — éppen szimbiózisa miatt — ugyancsak gazdag, azt olvassuk, hogy a féreg helyett néha kis pörgekarú ül a telep közepén. Nagyon ritka esetnek minősítik ezt, s annál érdekesebb, hogy a Miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Földtani Tanszékének gyűjteményében olyan *Pleurodictyum* példány van, amelyben kis pörgekarút találunk együttélő társként.

A fenéklemezes korallokat alapjában véve a négyes korallok előtt kellett volna említenünk, mert ősmaradványaik valamivel korábban jelennek meg az ősvilág törté-

netkönyvének kőlapjain. Miután azonban sok jellegükben eltérnek a ma élő koralloktól, s a négyes és hatos korallokkal való származástani kapcsolataik nem tisztázottak —, amolyan függelékféleként említettük azon korallok után, amelyek az élet fejlődésében többé-kevésbé jól követhető sort alkotnak.

A korallokban a csalánozóknak legfejlettebb típusait ismertük meg. Tudjuk azt is, hogy a csalánozók a valódi szövetekkel bíró soksejtűek legalacsonyabb szervezettségű alakjait képviselik: a testüreg nélküli állatokat.

A ma is élő állatok között a testüregnélkülieknek még egy típusát ismerjük: a



37. ábra. Fenéklemezes korallok: a = *Hatszögletes prizmás egyedekből áll a* Favosites *telepe;* b = *a* Halysites *keresztmetszete tojásdad;* c = *a* Syringopora *telepében az egyes egyedek egymáshoz kapcsolódnak;* d = *a* Pleurodictyum *kelyhe közepén féreg-maradványt látunk* (Zittel *nyomán)*

bordás medúzákat. A csalánozóktól mindenekelőtt abban különböznek, hogy nincsenek csalánsejtjeik. Ezek is mind tengerben élő alakok. Testük kétoldali részarányos, de egyébként igen változatos alakú lehet. Szájnyílásuk és a szájnyílással szemben fekvő testvég között 8 úszólemezes borda fut le. Ezekről kapták nevüket is.

A korallokénál magasabb szervezettségük abban nyilvánul meg, hogy a külső és belső csíralevél közötti mezogloea bizonyos mértékig úgy tekinthető, mint a középső csíralevél *(mezoderma)* kezdeménye, mert a belső csíralevél egy sejtcsoportjából a mezogloea sejtes elemei és izomelemek alakulnak ki. Innen már csak egy kis lépés kell, s megjelenik a valóságos középső csíralevél, ezzel együtt a saját fallal bíró bélcsatorna, mely azután a testüreg kialakulására vezet. Sajnos, a fejlődésnek ezt a fokát az ősmaradvány-anyag nem őrizte meg.

A NAGY FEJLŐDÉSI UGRÁS REJTÉLYE

Talán nem is volt helyes előző fejezetünk utolsó megállapítása. Azt mondtuk, hogy a fejlődésnek azt az állapotát, amikor a zárt emésztőcsatorna s közte és a testfal között a testüreg kialakul, az ősmaradvány-anyag nem őrizte meg. A fogalmazást szeretném kijavítani: lehet, hogy megőrizte, de eddig nem került elő olyan ősmaradvány, amely ezt az állapotot jelzi. Gondoljuk meg, hogy Földünk felszínének milyen kis részét sikerült eddig valóban alaposan átkutatni ősmaradványok után.

Az ősvilági élet kutatói hallatlan kitartással, sok türelemmel és valóban fáradságos munkával igyekeznek feltárni, a tudományos feldolgozás számára hozzáférhetővé tenni a földtörténeti múlt életének azokat a nyomait, amelyek az üledékekben néha világosan olvasható jelekként, néha azonban csak nehezen megfejthető írásként találhatók. Minden eddigi szorgos munka ellenére is csak töredéke került elő azonban mostanáig a kőbezárt ősmaradványoknak. S bizony, az előkerült leletek közül is gyakran hiányoznak olyanok, amelyek biztosan hozzásegítenék a tudományt kulcsponti kérdések megoldásához.

A kutató elme türelmetlenségében ilyenkor a ma is élő állatok alaktani sajátságai vagy egyedfejlődésük egyes szakaszai alapján igyekszik a törzsfejlődés még tisztázatlan kérdéseire megtalálni a feleletet. Természetes, hogy ehhez a munkához már sok kutató együttes közreműködése szükséges, hiszen a vizsgálatokat sokféle irányban kell egységes szempont szerint folytatni.

Érdekes, hogy mintegy 20 évi — aránylag kisebbfokú — érdeklődés után, az utolsó néhány évben a testüreg kialakulásának kérdése ismét a kutatások egyik központi kérdésévé vált. Hozzá kell tennünk azt is, hogy a reflektorfény azért irányult rá, mert néhány lelet azt indokolttá tette. A leletek részben az ősi, részben a ma is élők világából kerültek a laboratóriumokba s indították el a kutatásokat ez irányban.

A testüreg kialakulásának kérdése az egész állatvilág fejlődése szempontjából annyira jelentős, hogy nem érdektelen történeti sorrendben legalább néhány olyan elgondolással megismerkednünk, amely igyekezett erre feleletet adni.

Elsőként hadd említsük meg Ernst *Haeckel* nevét, ki nemcsak az egysejtű sugárállatkák *(Radiolaria)* igen alapos feldolgozásával szerzett magának a biológiai tudományokban fényesen ragyogó nevet, hanem mint *Darwin* egyik legharcosabb követője is. A fejlődés gondolatának ragyogó tollú, mesteri stílusú, sokszor kegyetlenül gúnyos hangú népszerűsítője volt *Haeckel*. Minderről röviden már megemlékeztünk, amikor a sugárállatkákról volt szó. Itt az ún. gastraea-elméletével kell megismerkednünk. Ez a testüreges állatok kialakulását olyan feltételezett alakra vezeti vissza, amely a bélcsírából, azaz a gastrulából alakult ki. Ezt nevezte el *archicoelomulá*nak. Az *archicoelomulá*ból kétfelé indult ki a fejlődés: részben az ős-, részben az újszájúak felé.

Mintegy 20 évvel ezelőtt a jugoszláv *Hadži* a testüregnélküli örvényférgekben látta a fejlődés egyik fontos központi típusát. Elgondolása szerint a valódi szövetes állatok sorában ezek képviselik a legkezdetlegesebb alakokat. Ezekből indult ki, *Hadži* szerint, egyrészt a csalánozók és bordásmedúzák, tehát a továbbra is testüregnélküli alakok, másrészt pedig a különböző férgek s így az ősszájúak, sőt — bár itt komoly hézag van a törzsfában — az újszájúak fejlődése is. A testüreg nélküli örvényférgek igen apró termetűek és a tengerben élnek, sokszor planktonikus életmódot folytatva. Nagyon érdekes szervezettségű állatok. Gyakran figyelhető meg, hogy bennük a hiányzó bél helyett emésztő sejtcsoport végzi el az emésztés feladatát. Vannak olyan alakjaik is, amelyek fiatal egyedein a táplálkozásnak ez a módja tapasztalható még, de az idősebb egyedek már csak bennük élő zöldmoszatok által áthasonított táplálékból élnek. Ily módon ezek az örvényférgek és a bennük élő zöldalgák között valódi együttélés, szimbiózis van. Ez azt jelenti, hogy az együttélés mindkét fél számára hasznos és szükséges. A testüregnélküli örvényférgek jelentik tehát *Hadži* elgondolása szerint a valódi testüreges állatok kiindulópontját. (5. ábra.)

A *Hadži* elképzeléseivel szemben fölmerült ellenvetések közül egyet szeretnék itt megemlíteni. Vannak biológusok, akik a testüregnélküli örvényférgekben — éppen egy részük sajátságos táplálkozási módja miatt, — olyan állatokat látnak, amelyeknek a bélcsatornája visszafejlődött s így testüregnélküliségüket másodlagos állapotnak tekintik.

A legutóbbi években a kérdést ismét több kutató kezdte vizsgálni. Ezek között nagy érdeklődésre tathatnak számot a dán *Lemche* kutatásai. *Lemché*nek jutott osztályrészül az a szerencse is, hogy feldolgozhassa a Galathea expedíció találta *Neopilina* példányokat. Bár ő maga zoológus, ez a munka annyira közel hozta az őslénytani kérdésekhez, hogy azóta kutatásaiban mindig jelentős szerepet juttat az ősmaradvány-anyagnak is, és ma már kétségtelenül egyike azoknak a biológusoknak, akik az élet fejlődéstörténetével kapcsolatos kérdésekre éppen úgy a ma is élő állatok, mint az egykori őslények ismerete alapján igyekszenek választ adni. Ezzel is példázza, hogy az őslények vizsgálatát elsősorban biológiai módszerekkel kell végrehajtani, de egyúttal azt is, hogy a ma élő állatvilág származástani kérdéseiben az ősmaradvány-anyag tanulmányozása elengedhetetlenül szükséges.

Lemche a nemzetközi tudományos fórumokon többfelé is ismertette elgondolásait; kettős munkairányzatának megfelelően a néhány éve, Londonban tartott állattani és a Koppenhágában tartott paleontológiai kongresszuson. Így a tudósvilágnak valóban széles rétegei szerezhettek tudomást *Lemche* elgondolásairól. Helyesen szögezi le közleménye bevezetésében azt a tényt, hogy a gerinctelen állatok törzsfejlődési viszonyainak tisztázásához még nagyon sok és alapos kutatásra van szükség. De hangsúlyozza azt is, hogy ezt a kutatást csak nagyobb összefogás, komplex vizsgálatok segítségével lehet elvégezni.

Lemche — mint már említettük — a ma élő és a földtörténeti múltból származó állatok együttes vizsgálatával igyekszik a származástan nagy kérdéseit megoldani. Így a testüreges állapot kialakulását ősmaradvány-anyag figyelembevételével olyan közös ősre vezeti vissza, amelyből az örvényférgek, a csalánozóállatok, a gyűrűsférgek, a puhatestűek és az ízeltlábúak levezethetők. Az ősmardvány-anyagból igen alacsony törzsfejlődési fokon álló, a *Neopiliná*val kapcsolatba hozható puhatestűek maradványait, a ma élő állatok világából pedig az egyedi fejlődés különböző adatainak összehasonlítását hozza fel bizonyítékul.

Ma tehát ez elgondolások köré csoportosítható annak a nagy ugrásnak a rejtélye, amely a testüreg nélküli állatoktól a szerveződés jelentősen magasabb állapotához, a testüreges állatok kialakulásához vezet.

A testüreges állatok kialakulása a fejlődés további lehetőségeit nyitotta meg. A virágállatoknak és rokonaiknak — mint láttuk — sugaras részarányosságát figyelhettük meg testük felépítésében. Ezzel szemben a testüreges állatokon — egy törzs, a tüskésbőrűek kivételével — a kétoldalian részarányos testfelépítés jelentkezik. Az állatok mozgásmódja következtében kialakul a mellső és hátsó testtájék, de ugyanúgy létrejön a háti és hasi, valamint a jobb és bal oldal. Az egyes testtájékok határozott működésbeli feladatokat nyernek, ami visszatükröződik az egész test alaktani jellegeiben is. Nagyon fontos mozzanat, hogy az érzékszervek elsősorban a fejtájékon helyezkednek el, s ennek következménye, hogy az idegrendszer is itt központosul. Mindezek a jellegek — a többi sajátossággal együtt —, a fejlődésnek sokirányú lehetőségét jelentik. S mindjárt itt utaljunk arra is, hogy a testüreges állatok sorában, miként azt a törzsfa nagyvonalú tárgyalásánál is említettük már, két alapvető irányban indult meg a fejlődés. Az egyik vonal az ősszájúak, a másik pedig az újszájúak nagy csoportja.

Kétségtelen, hogy az újszájúak jelzik a magasabb szervezettségű, lényegesen jobban differenciált csoportot, míg az ősszájúak ezekkel összehasonlítva alacsonyabb szervezettségűeknek tűnnek.

Az ősszájúak között a legkezdetlegesebb fejlődési állapotot a férgek képviselik. A korszerű állattan ezek között igen jelentős különbségeket állapít meg, aminek következtében nálunk *Dudich* Endre rendszere nem kevesebb, mint 4 törzsüket különíti el. Az ősmaradványok sorában azonban az alakok csak nagyon gyéren fordulnak elő. Általában nincsenek olyan szerveik, amelyek fosszilizációra alkalmasak volnának, s így bizony a paleontológusok az összes alakot egybefoglalva — legtöbbször csak *a férgek* törzséről szoktak beszélni.

Pedig a rendkívül kedvezőtlen megtartási viszonyok ellenére is került elő a földtörténeti múltból néhány olyan féregmaradvány, amely páratlan érdeklődésre tarthat számot. Láttuk, hogy kedvező körülmények között néha szinte szokatlan fosszilizálódási folyamatok is végbemehetnek. Érdekes, egyedülálló ősmaradványairól nevezetes a szászországi Geiseltal, ahonnan sok olyan ősmaradvány vált ismeretessé, amilyen máshonnan még nem került elő. Így a Geiseltal eocénkori barna kőszenes rétegsorozatából *Voigt*nak egy bogár izomzatában fonalféreg *(Nematoda)* lárváját sikerült megtalálnia. Egy másik ilyen, hasonlóképpen páratlan ősmaradvány felismerése ugyancsak *Voigt* érdeme. A húrféreg subkutikuláris szövetdarabkáját találta meg — jellegzetes rostos szerkezetével. Az állatot *Gordius tenuifibrosus* néven vezette be az irodalomba, mint eocénkori húrférget. A rostos szerkezet olyan világosan felismerhető és annyira jellegzetes, hogy egyes kutatók véleménye szerint teljesen megegyezik a ma is élő *Gordius albopunctatus* sajátosságaival.

Bármennyire fontosak és érdekesek is ezek az ősvilági életnyomok, sajnos, nem viszik előbbre tudásunkat az állatvilág szerveződésére vonatkozóan. A férgek ma is roppant változatos sokasága világosan igazolja, hogy alakgazdagságuk számos fejlődési ág kiindulási pontja lehetett. A sokféle féregalak között vannak szelvényezetlen típusok, de vannak szelvényezettek is. A szelvényezettség elsősorban azokon a férgeken figyelhető meg, amelyeket az állatrendszertanok a férgek legfejlettebb csoportjaként jelölnek meg. Ezek a gyűrűsférgek *(Annelida)*. A köznapi életben is jól ismert képviselőik a földigiliszta meg az orvosi pióca. De hozzá kell mindjárt tennünk azt is, hogy a gyűrűsférgek sorában is (amelyeket a zoológiai rendszerek törzsnek minősítenek) jelentős eltérések vannak, ami további osztályozásukra vezet.

A gyűrűsférgek testfelépítésének egyik legjellegzetesebb sajátossága a mind a pióca, mind pedig a földigilisztán jól megfigyelhető szelvényezettség. A kezdetlegesebb, kevéssé specializált alakokon ez egynemű. Mit jelent ez a kifejezés: egynemű

szelvényezettség? Azt jelenti, hogy az egyes szelvények nemcsak külalakjukban hasonlítanak egymásra, hanem belső szervezettségükben, felépítésükben is. Minden egyes szelvényben belül is megismétlődnek az egyes szervek: ivarmirigyek, kiválasztószervek, idegdúcok stb. Ez a jelenség magyarázza egyébként egyes gyűrűsférgeknek, így pl. a gilisztának is nagymértékű regeneráló képességét.

Van azután a gyűrűsférgekkel kapcsolatosan még egy nagyon fontos megemlíteni való: a szaporodásuk. A tengeri fajok egyedi fejlődése a lárva állapottal kezdődik. A lárva az ún. *koszorús* vagy *trochophora lárva* (szokták *Lovén*-féle lárvának is nevezni). Állattani tankönyvben erről a következőket olvashatjuk: „alakja többnyire gömbszerű, körte formájú, esetleg lencse- vagy kettős kúp-szerű. Szájnyílása — egyenlítőjének magasságában — a hasoldalán található. A száj előtti testszakaszon... jól fejlett, kétsoros csillókoszorú . . . a száj mögötti testszakaszon egysoros, gyengébben fejlett csillókoszorú található . . . A szájnyílás után rövid nyelőcső, majd tágas gyomor következik. Ez a bélben folytatódik. A . . . lárvának utóbele és végbélnyílása is van. A száj előtti testrész felső pólusán jellegzetes szerv, a fejtetőlemez található, amelyből jól fejlett csillónyaláb nyúlik ki. A tetőlemez fejlődéstanilag a központi idegrendszer és a vele kapcsolatos érzékszervek kezdeménye. Belőle négy idegtörzs indul ki."

A trochophora-lárvát azért ismertettük ilyen részletesen, mert — ha módosult alakban is, de — az ősszájúak további törzseire is igen jellemző. Ezért tekintik a gyűrűsférgeket a további fejlődés kiinduló pontjának.

Így azután különösen sajnálatos, hogy a gyűrűsférgek maradványai fosszilisan igen ritkák s inkább csak életnyomokban ismeretesek. Az őséletnyomokkal foglalkozó *paleoichnológia* sok gyűrűsféreg-nyomot tart számon. Gyakoriak a lakásul szolgáló csövek maradványai. Egyes gyűrűsférgek ugyanis cső alakú lakást építenek maguknak. Sokszor meszet választanak ki s így lakásuk szilárd, mészvázú fallal ellátott cső. Ezek a meszes csövek gyakoriak már régi földtörténeti időktől kezdve, de különösen az eocénból kerültek elő nagy mennyiségben. A ma is élő *Serpula* nemnél figyelhető meg ez a fajta házépítés, és így az ilyesféle ősmaradványokat is legtöbbnyire a Serpula nemzetségnek tulajdonítják. Régebben bizonyos becsavarodott mészcsöveket *Serpula spirulaea* néven emlegettek. Ezek a maradványok is az eocénban fordultak elő tömegesen. Magyarország ecoén rétegeiből is ismerjük ezeket a becsavart csöveket, amelyekről azonban újabb vizsgálatok kimutatták, hogy nem féreglakócsövek. A mészváz szerkezetének aprólékos tanulmányozása arra az eredményre vezetett, hogy a *Serpula spirulaea* néven leírt maradványok csigaházak. El is nevezték ezeket *Tubulostium*nak. Egy másik csöves maradvány *Spirorbis* néven ismeretes. Nálunk is gyakoriak a *Spirorbis* maradványok pl. a Perbál környéki szarmata üledékeinkben.

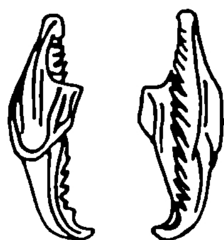
A régebben a puhatestűek egyik osztályába (ásólábúak), a *Dentalium*ok rokonságába helyezett *Ditrupa* nevű maradvány pedig, ugyancsak a meszes cső finom szerkezetének vizsgálata alapján, féreglakócsőnek bizonyult. A *Ditrupa* maradványok nálunk szintén nem ritkák, a miocénkori rétegekből helyenként igen jelentős tömegben gyűjthetők. Az Ipoly-völgyi Nógrádszakál határában levő ősmaradványlelőhely anyagában is nagy számban kerültek elő *Ditrupák*.

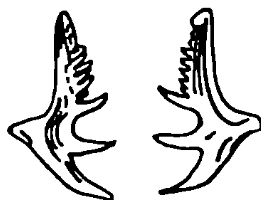
A lakócsöveken kívül megtalálható néha a megkövesedett ürülékük is. Életnyomaik közül azonban a mászás-, csúszásnyomok a leggyakoribbak. Többnyire annyira jellegzetesek, hogy eredetük egyáltalában nem kétséges.

Egyes alakok élősködők, és kóros elváltozásokat is létrehozhatnak. Ma különösen az *Antedon* nevű tengeri liliomon figyelhető meg ez a jelenség. Rendszerint duzzanatok alakjában nyilvánul meg a kóros elváltozás. Ilyeneket azonban más tengeri liliomokon a földtörténeti múltból is ismerünk. *Abel* említ hasonló esetet a felső

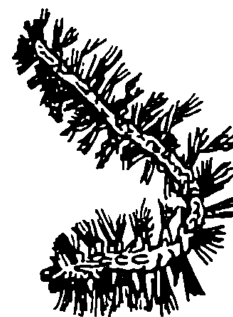
jurából származó *Millericrinus* nevű tengeri liliom nyelével kapcsolatosan. Jól látható ezen a példányon a fúrt lyuk és a nyél megduzzadása, ami a mostani jelenségekhez annyira hasonló képet mutat, hogy itt sem lehetünk kétségben az eredetet illetően.

Érdekesek azok a többnyire kitines, néha szarunemű, még ritkábban kovaanyagból álló kis képletek, amelyek némely férgen — főleg ragadozó életmódot folytatókon — állkapocsszerűen fejlődtek ki. Milliméternyi, de inkább még kisebb maradványok, amelyeket összefoglalva *Scolecodonta* néven említenek. Régebben primitív halak fogaival, a *Conodontá*kkal hozták ezeket kapcsolatba. A *Conodontá*któl azonban (a gyakori alaktani hasonlóság ellenére is) ma már anyaguk alapján jól megkülönböztethetők. A *Conodontá*k általában igen jó korjelzők, a *Scolecodontá*król ezt nem mond-





38. ábra. A Scolecodontá*kból, egyes férgeken található állkapocsszerű képletekből mutat két alakot rajzunk két oldali nézetben* (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*



39. ábra. A Canadia *maradványa a* Burgess-*palából került elő* (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

hatjuk. A devonkori *Scolecodontá*knak mai alakokkal való összehasonlításából az derült ki, hogy ezek alig különböznek nagyobb mértékben ma is élő rokonaiktól, mint a ma élő rokonalakok egymástól (38. ábra).

Mindezeket a féregmaradványokat kiegészíti néhány olyan fosszilia is, amelyek az egész állat megjelenéséről szolgálnak felvilágosítással. Ezek sorából kitűnnek a brit-kolumbiai középső kambriumi Burgess-palák kitűnően megmaradt leletei. Sokszor a serték is pontosan fölismerhetők, mint pl. a *Canadia* (39. ábra) esetében. Általában a földtörténet minden nagyobb időszakaszából kerültek elő féregmaradványok.

Korjelző szerepe nemigen van a féregmaradványoknak, annyit azonban megállapíthatunk, hogy a férgek nyomai már az algonkiumból is sejthetők. A középső kambriumban pedig, a *Walcott* leírásában szereplő alakok nyomán, biztosan éltek már a legmagasabb szervezettségű férgek, a gyűrűsférgek is. Bizonyos azonban az is, hogy a Burgess-palák gyűrűsférgei már hosszú, ősi fejlődésre tekintenek vissza, hiszen már előbbi időből is ismerjük olyan állatok maradványait, amelyek származását a gyűrűsférgekre vezetjük vissza.

Összefoglalásul nézzük meg, mit is jelent a további fejlődés szempontjából a gyűrűsférgek testének szelvényezettsége. Láttuk, hogy a fejlődés kezdeti fokán egynemű szelvényezettséggel találkozunk. Idővel azonban az egymásután következő szelvények különböző életműködésekre válnak alkalmassá, ennek következtében egymástól elütő szervezettségűekké lesznek. A testfal kitüremkedéseiből kialakult páros függelék, amelyek minden szelvényen jelen vannak, módosulhatnak, és különböző működést végezhetnek. A szelvények módosulása így azt eredményezi, hogy a különböző testtájak más és más működési feladatot nyernek. Így kialakulhat erősebben fejlett fejtájék. Ennek a kialakulása vagy több szelvény beolvadásával tör-

ténhetik vagy egyszerűen a fejtájéki szelvények megnövekedésével. E folyamatban fontos szerep jut az életvegytani viszonyoknak is, amelyeknek sokszor kisfokú változása is nagyméretű alaktani átalakulásokat vonhat maga után. Ily módon a fejlődés különböző irányai felé nyílnak meg az utak. Így következtek be azok a módosulások, amelyek a gyűrűsférgek csoportját annyira változatossá teszik, de azok az átalakulások is, amelyek e csoport keretein már túlnőnek, és új típusok, az ősszájúak többi törzsének kialakulására vezettek.

A testüreg létrejöttének rejtélye ugyan még mindig nem mondható megoldottnak, de azért azt hiszem, nagy vonásokban előttünk áll ennek az alapvetően fontos mozzanatnak a vázlata. S láttuk azt is, hogy a testüreg kialakulása milyen sok irányú fejlődést tett lehetővé.

A PUHATESTŰEK BIRODALMA

A ma élő állatok világában legformagazdagabb az ízeltlábúak törzse. Ez után azonban mindjárt a puhatestűek *(Mollusca)* következnek. Több mint százezer fajuk ismeretes. Egyebek között a mindannyiunk által ismert kagylók és csigák tartoznak ide.

Mint tudjuk, *Linné* annak idején az egész állatvilágot hat classisra (osztályra) tagolta. A VI. classisban *Vermes* (férgek) néven foglalt össze sok olyan típust, köztük a puhatestűeket is, amelyeket ma külön törzseknek tekintünk. *Lamarck* rendszerében, a lépcsőzetes fejlődés elvének megfelelően, hat fokozat van s ezeken belül osztályokat különböztet meg. A negyedik fokozat osztályai a rákfélék, a gyűrűsférgek, a kacslábú rákok, és a puhatestűek. *Cuvier* az állatvilágot négy különálló típusra osztja, amelyek között — szerinte — soha semmiféle kapcsolat nem volt. A III. típust nevezi puhatestűeknek, s ide sorolja a lábasfejűeket, a tengeri pillangókat, a kagylókat, a pörgekarúakat, a csigákat és a kacslábúakat. A XIX. és XX. sz. folyamán további kutatók eredményei alapján egyre inkább tisztultak azok a fogalmak, amelyek lehetővé tették a természetes rendszer további kiépítését.

A természetes rendszer az alaktani hasonlóságokon kívül elsősorban a származástani kapcsolatokat veszi figyelembe. Azt is mondhatnánk, hogy a „vízszintes sík" szemléletére fölépített rendszer lassan helyet ad a „vertikális" irányú, vagyis az élet története alatt létrejött változásokat szem előtt tartó rendszernek.

Többször hangsúlyoztuk már, hogy ismeretanyagunkban ma még sok hiányosság van. Így nyilvánvaló, hogy a minden szempontból helytálló természetes rendszer kiépítése még nem történhetett meg. De azt is említettük már, hogy a világszerte folyó nagyarányú kutatómunka eredménye, újabb meg újabb leletek, eddig ismeretlen élőlények megtalálása, sokszor jelentős mértékű segítséget jelent a tudomány előrehaladása, és így a természetes rendszer kiépítése felé is.

Külön időszerűséget ad ezeknek a gondolatoknak az a tény, hogy 1957-ig éppen a puhatestű állatok rendszere más volt, mint ahogyan ma látjuk. Úgy véljük, hogy a törzsfejlődési kapcsolatok tisztázása is nagy lépéssel jutott előbbre. Ez a nagy lépés a már többször említett *Neopilina* szerencsés megtalálásának, illetve *Lemche* 1957-ben a *Neopiliná*ról szóló bevezető tanulmányának köszönhető.

Említettük már azt is — mint unikumot —, hogy 1937-ben a *Latimeria* nevű bojtosúszós halat találták meg. Ez azért volt rendkívül fontos, mert olyan alakkört képvisel, amelyet már a földtörténet középkorában kihaltnak hittünk. A kihalászott példány viszont azt igazolta, hogy a bojtosúszós halak még máig is élnek, s így felül kell vizsgálni, illetve helyesbíteni kell földtörténeti elterjedésük idejét. Nagyon fontos volt a *Latimeria* megtalálása azért is, mert sok olyan gondolatot ébresztett, amelyek éppen egyes alakok földtörténeti elterjedésére vonatkoznak, s így a földtörténeti időszámítás módszereire is kihatással vannak.

A *Neopilina* ezzel szemben egészen más tekintetben érdemel figyelmet. Kétségtelenül fennáll itt is az az érdekes tény, hogy bátran nevezhetjük a *Neopilinát* is — mint ahogyan a *Latimeriá*val tették — „élő kövület"-nek. Ezen túlmenően azonban a *Neopilina* olyan tényekkel, adatokkal gazdagította tudásunkat, amelyek éppen a puhatestű állatok törzsfejlődési viszonyaira vetettek új fényt. A *Neopilina* felszínre kerülése már eddig is sok kérdést segített megoldani és további vizsgálata — nem kétséges — még további eredményeket fog hozni.

Már a *Neopilina* megtalálása előtt is származástani kapcsolatba hozták a puhatestű állatokat a gyűrűsférgekkel. Ez elsősorban a trochophora- vagy koszorús-lárva alapján történt, mert egyébként a puhatestűek jellemzésében minden könyvben megtaláltuk ezt a mondatot: „Testük nem szelvényezett". Ennek ellenére leírtak a lágy testtel kapcsolatban szelvényezettségre utaló nyomokat, részben a véredények, részben az idegpályák lefutásában. Azután meg a bogárcsiga *(Chiton)* 8 lemezből álló váza szintén szelvényezettségre utal, bár csak a vázat illetően.

Ezek az adatok sejttették, hogy valami kapcsolatnak mégiscsak lennie kell a szelvényezett gyűrűsférgekkel. Az eddig ismert legrégibb puhatestű maradványok nem árultak el nagyobb hasonlóságot a gyűrűsférgekkel, mint a ma élők.

A gyűrűsféreg és puhatestű fejlődési irány eltérősége egyébként nyilván a helyváltoztatás módjában megnyilvánuló különbséggel is magyarázható. A gyűrűsférgek szervezeti kialakulásában bizonyára jelentős szerepet játszott az a tény, hogy az ősi gyűrűsférgek többnyire úszó életmódot folytattak. A puhatestűek ősi mozgási típusa azonban minden bizonnyal a tengerfenéken való lassú mozgás volt. A legtöbb puhatestű állat ma is így mozog. Köznapi életünkben is gyakran utalunk erre, amikor a csigalassúságot emlegetjük! Gyorsabb mozgással a puhatestűeknek csak a legmagasabb törzsfejlődési állapotot elért osztályában, a lábasfejűeknél találkozunk. Ezeknél aztán valóban gyors néha a mozgás.

A csúszó mozgást mindmáig a bogárcsigák és a csigák őrizték meg helyváltoztatási módjukban legjobban. Ezek mozgása a hasoldali izmok hullámos összehúzódásával történik. Hasonló mozgási mód alacsonyrendű férgeken, pl. a laposférgeken is megfigyelhető, s így azt mondhatjuk, hogy ez a kétoldalian részarányos testfelépítésű állatok között egyike a legősibb helyváltoztatási módoknak.

Vizsgáljunk meg most közelebbről egy puhatestű állatot, akár kagylót, akár csigát. Először is csodálkozással állapíthatjuk meg, hogy a „puhatestű" megjelölés csak az állat lágyrészeire vonatkozik. A lágyrészeket a hátoldalról kiinduló bőrredő, a köpeny borítja be. A legtöbb puhatestűnél a köpeny és a lágytest között üreg van, amelyet köpenyüregnek neveznek. Ebben találjuk a kopoltyúkat, a lélegzés szerveit. A köpeny mészanyagot ($CaCO_3$) választ ki, s így a puhatestű állatot kívülről szilárd meszes váz védi a külvilág behatásaival szemben. Ez a szilárd váz egy, vagy két, vagy nyolc részből áll. Egyrészes pl. a csiga háza, kétrészes a kagylóteknő s nyolc részből áll a bogárcsiga váza.

A váz szerkezete többé-kevésbé egyforma valamennyi puhatestű esetében: kívül vékony, szerves eredetű réteg van. A fosszilizálódás folyamán ez persze mindig elpusztul. Ezen belül következik az oszlopos vagy prizmás réteg. Ez maga is legtöbbször több oszlop-rétegből áll. Legbelül a gyöngyházréteget találjuk. A ház vagy teknő felületével többé-kevésbé párhuzamosan elhelyezkedő apró és igen vékony lemezkékből tevődik össze. Az apró lemezkéken áthaladó fény törése okozza a pompás gyöngyházfényt. A bogárcsigák vázának szerkezete ettől eltérő s bizonyos mértékig más szerkezetet tüntet föl a lábasfejűek váza is. A váz fent említett szerkezetétől sok puhatestű váza jelentősen eltér, de valószínű, hogy a finom szerkezetben sok jellemző vonást fognak még majd az elkövetkező vizsgálatok is kimutatni.

A szilárd váz elsősorban a külvilág behatásai ellen véd. Éppen ezért ritkán csökevényesedik el, de erre is van példa: a ház nélküli vagy meztelen csiga. Ugyancsak a mechanikai védelem magyarázza meg, hogy a váz a puhatestűek lágyszerveit kívülről védi. A törzsfejlődés folyamán azonban a lábasfejűek egy csoportjánál a szilárd váz a lágytest belsejébe húzódott vissza. E belsővázas alakok váza sokszor nagymértékben vissza is fejlődött. De ezekről a jelenségekről később még bővebben is fogunk olvasni.

A puhatestűek egyes csoportjaiban a lágyrészek között is lehet eltérés. Általában *fej, láb* és *zsigerzacskó* különböztethető meg a lágytesten. S ugyanígy általában a test is kétoldalian részarányos felépítésű. Mindnyájan tudjuk azonban, hogy a csigák aszimmetrikusak.

Az eddigiek is meggyőztek bennünket arról, hogy bármennyire is egységes a puhatestűek törzse, az egyes osztályok típusai között mégis jelentékeny eltérések vannak. A megegyező és elütő bélyegek figyelembevételével, a törzsfejlődési viszonyokat szem előtt tartva, a puhatestűek *(Mollusca)* törzsében a következő osztályokat különítjük el:

1. Egyteknősök *(Monoplacophora)*
2. Páros idegűek *(Amphineura)*
3. Ásólábúak *(Scaphopoda)*
4. Kagylók *(Pelecypoda)*
5. Csigák *(Gastropoda)*
6. Lábasfejűek *(Cephalopoda)*

A sokat emlegetett Neopilina

A Colorado Grand (Nagy) Cañonja nemcsak a földrajz és földtan, hanem az őslénytan művelői számára is sok és érdekes búvárkodási lehetőséget nyújt. A földtörténeti ókort megelőző algonkium rétegeit a Nagy Kanyon hatalmas vastagságban tárja föl. Az algonkiumi rétegsort ősi indián nevek alapján „Uncar" és „Chuar" formációra osztották. Nos, a Chuar rétegeiből már régi idők óta ismeretesek kicsiny, kúpos formájú, körkörös benyomatokkal ellátott, fossziliáknak tekintett maradványok. Ezeket a bezáró rétegek neve után Chuariának nevezték el, s úgy tekintették, mint nagyon ősi, a törzsfejlődés igen alacsony fokán álló csigákat. Többen kétségbevonták a Chuaria szerves eredetét is, mert bizony az előkerült példányok nem dicsekedhettek valami kitűnő állapottal. A kicsiny, rossz állapotú maradványok nem árultak el valami sokat önmgukról.

Sokkal biztosabbak azok az ősmaradványok, amelyek a kambriumból ismeretesek. Alakgazdagságuk az ordoviciumban a legnagyobb, számuk a szilurban a kambriumi alá csökken, a devonban méginkább megfogyatkozik, s a karbonból és permből már alig egy-két képviselőjüket ismerjük. A paleozóikum után azonban hírmondójuk sem volt ismeretes. Összefoglalóan *Tryblidium-félék*nek nevezték ezeket a maradványokat. Voltak közöttük magas kúpos, nem becsavart búbú alakok csakúgy, mint alacsony, részben becsavarodottak. Valamennyi megegyezik egymással abban, hogy a teknő részarányos, a kúp csúcsa előrefelé eltolódott. Itt lehetett a fejtájék, amint arra a teknő belsejében levő patkó alakú izombenyomat-párok elhelyezkedéséből következtetni lehetett (40. ábra). Arra is gondoltak, hogy a köpenyüreg a kopoltyúkkal, valamint a végbélnyílás is a teknő hátulsó, szélesebb részében lehetett. Mindezek igen ősi jellegekre utalnak a csigákkal való összehasonlítás alapján.

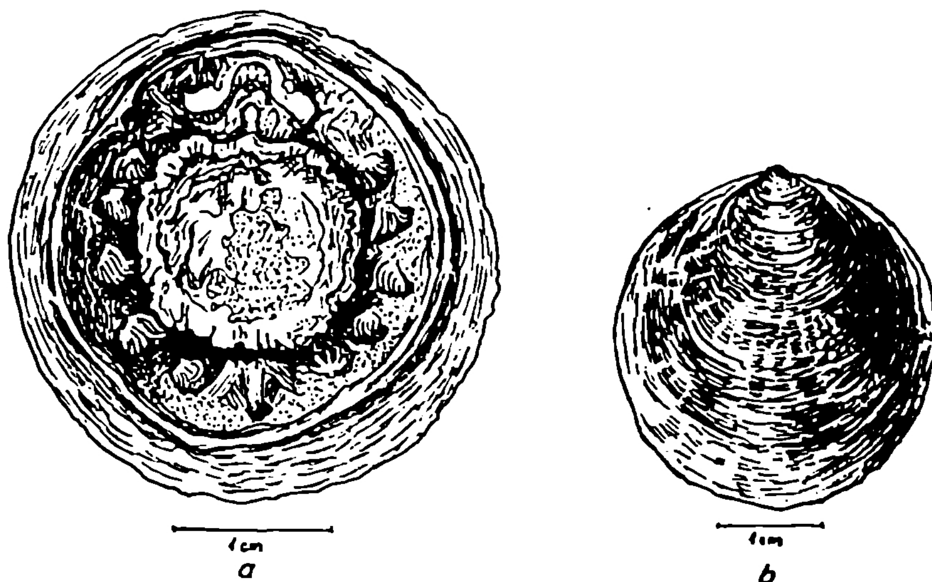
A *Tryblidium*-félékhez a *Tryblidium* nemzetségen kívül, amely mind Észak-Amerikából, mind Európából ismeretes volt, más nemzetségeket is soroltak. Néhány évvel ezelőtt *Horný* prágai paleontológus igyekezett rendet teremteni ebben az állattársaságban. Összefoglalta a rájuk vonatkozó ismereteinket, egyúttal pedig nagymértékben gazdagította is, mert Kelet-Szibériából is kimutatta ezt a típust a kambriumból és elnevezte *Cambridium*nak. A *Cambridium*ok 1—2 cm nagyságú maradványok, s emlékeztetnek bizonyos más ősmaradványokra, amelyeket már korábban leírtak. Mindezeket *Lemche* a *Tryblidium*-félékkel együtt az egyteknős puhatestűek osztályába, a *Monoplacophorák*hoz sorolja.



40. ábra. A Tryblidium *váza kívülről* (a) *és belülről, az izombenyomatokkal* (b) (Wenz *nyomán)*

Láttuk, hogy az állatoknak ez a csoportja az algonkiumtól a devonig élt, illetőleg egy-két alak maradványa még a karbon és perm rétegeiből is előkerült. Sejthető, milyen óriási volt a meglepetés, amikor 1952-ben a dán Galathea tengerkutató expedíció Mexikó nyugati partvidéke közelében, közel 3600 m-es mélységben a Csendes-óceán eddig ismeretlen élőlényeinek tucatnyi olyan példányát találta meg, amelyeket a *Tryblidium*-félékkel lehet kapcsolatba hozni. Igen aprólékos és mélyreható tanulmányozás után *Lemche* 1957-ben írta le ezt az „élő kövületet", s a *Neopilina galatheae* nevet adta neki (41. ábra). Csehország felső szilur időszaki rétegeiből már régebben ismeretes volt a *Tryblidium*-félékkel kapcsolatba hozható *Pilina*. Erre való utalást jelent a *Neopilina* név, míg a fajnév a kutató expedíció nevét kívánta megörökíteni.

A *Neopilina* részletes tanulmányozása roppant izgalmas eredményekre vezetett. E vizsgálatok azt igazolták, hogy a *Tryblidium*-féléket a *Neopilinával* együtt ki kell venni a csigák osztályából, mert egész sereg olyan bélyeggel rendelkeznek, amelyek alapján külön osztályt kell részükre felállítani, a puhatestűek törzsén belül.



41. ábra. A Neopilina *lágy teste* (a) *a jól kivehető izompárokkal, és teknője kívülről* (b) (Lemche *nyomán)*

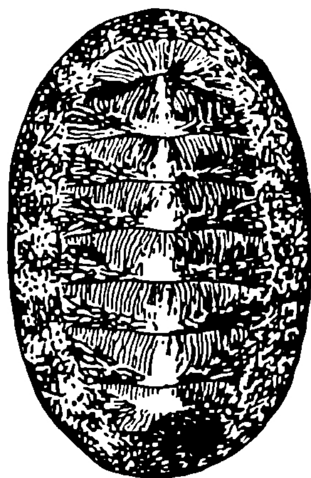
A *Neopilina* a többi puhatestűhöz képest nagyon alacsony törzsfejlődési állapotot képvisel. Erre utal az izompárok szelvényessége, idegrendszerük egyszerű felépítése, ami abban nyilvánul meg, hogy az idegsejtek nem alkotnak dúcokat. Kezdetleges szervezettségre utalnak az egyszerűen alkotott szaporító szervek, a kopoltyúk és a táplálkozás módja. Mindezek alapján bizonyos kapcsolat figyelhető meg a gyűrűsférgekkel, s így ezeknek a puhatestűekkel való rokonsága — elsősorban a test szelvényezettsége alapján — az eddigieknél világosabban jut kifejezésre.

Lemche a *Neopilina* tanulmányozása során az ősszájúak egész csoportjának származástani viszonyait illetően bizonyos új megállapításokra jut. Ezeknek további ismertetése itt már nem lehet célunk, de annyit röviden megemlítünk, hogy a részletes vizsgálatok szerint a gyűrűsférgek, puhatestűek és ízeltlábúak származtatását olyan alakokra vezeti vissza, amelyekből a csalánozók is levezethetők. Ez részben a radiális (sugaras) szimmetria bizonyos elemeiben és embriológiai jelekben jut kifejezésre. A részletes ismertetést már csak azért sem tartjuk itt lényegesnek, mert mindez csak feltevés és még további vizsgálatokat igényel, magának *Lemché*nek a megítélése szerint is.

Annyi mindenesetre világos, hogy a *Neopilina* rendkívül sok adattal gazdagította tudásunkat. Egyúttal pedig fényesen igazolja azt is, hogy új vizsgálati anyag néha mennyire gyökeresen megváltoztathatja a régibb ismeretanyagra épített megállapításokat. De az is kitűnik az eddigiekből, hogy csak olyan alapos és széleskörű vizsgálatokkal, erős önkritikával, s a tények olyan logikus összekapcsolásával érhetők el új és jó eredmények, mint ahogyan *Lemche* professzor munkamódszerében látjuk.

Bogárcsigák és agyarcsigák

Alapjában véve sem a bogárcsigáknak, sem az agyarcsigáknak nincs közük a csigákhoz, csak annyi, hogy ez előbbiek a párosidegűek, az utóbbiak pedig az ásólábúak osztályának a képviselői s mint ilyenek, az igazi csigákkal együtt a puhatestűek törzsébe tartoznak. A valóságban tehát nem igazi csigák s azokkal együtt soroljuk csak őket egy közös nagyobb rendszertani egységbe.



42. ábra. A bogárcsiga (Chiton) *váza nyolc lemezből áll* (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

Amíg a *Neopilina* ismeretlen volt, a bogárcsigákat, tehát a párosidegűeket *(Amphineura)* tekintették a legfejletlenebb, törzsfejlődésileg legalacsonyabb puhatestűeknek. Nevüket onnan kapták, hogy a garatkörüli ideggyűrűjükből két pár idegtörzs fut le. A feji részen idegdúcpár van, s így ezek az állatok az egyteknőjűeknél fejlettebb típust képviselnek. A két idegpár közül az egyik a test közepét elfoglaló (hasoldali) láb két oldalán fut le és szabadon végződik. Ezzel szemben a másik idegpár a test két oldalán halad végig, s a két ág a test hátulsó részén egyesül egymással.

Ennek az osztálynak minden tagja tengerben él, és normális sótartalmú vizet igényel.

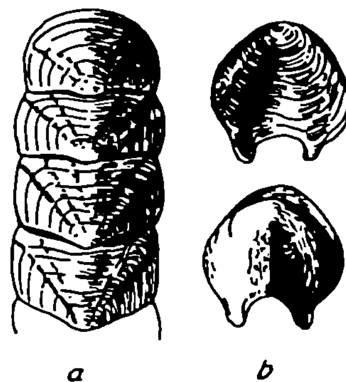
Egyik rendjükben a testet teljesen körülöleli a bőr megkettőződéséből származó köpeny, amely azonban semmiféle meszes vázat nem fejleszt. Ezek természetesen az ősmaradványok között nem is fordulnak elő. Végeredményben csak ma élő néhány alakjuk alapján ismerete-

sek. Másik rendjüket cserepeshéjúaknak *(Polyplacophora)* nevezik, s tulajdonképpen ezek az igazi bogárcsigák *(Chiton-félék)*. Hasi oldaluk lapos; a 8 lemezből álló külső vázzal borított háti oldaluk domború. A lemezeket a köpeny választja ki, amely a háti oldalról két oldalt csüng le a széles láb köré. A láb lapos és tapadásra, valamint lassú mozgásra alkalmas (42. ábra).

A váz lemezeit a visszahajló köpenyperemek néha teljesen beborítják, legtöbbször azonban szabadon maradnak. Két rétegük különböztethető meg, melyek közül a felső kitinszerű anyagból áll, az alsó mészanyagból. A köpeny a két réteg közé benyomul s ott duzzanatok formájában érzékszervek alakulnak ki, amelyek a váz felső rétegét mint csövecskék áttörik, s ily módon a felső rétegnek olyan jellegzetes szerkezetet adnak, amely sokszor a fosszilis példányokon is jól felismerhető. Minthogy a 8 lemezt alul izmok tartják össze, az állat elhalása után a lemezek rendesen széthullanak, s így a fosszilis anyagban többnyire csak a különálló, egyes lemezek találhatók meg.

A bogárcsigák általában a hullámveréses parton élnek. Ez a tény is elősegíti, hogy hátpáncéljuk legtöbbször csak egyes lemezek alakjában marad meg.

Nagyságuk 1 és 25 cm között váltakozik. A nagytermetűek ma élnek, így egyesek nézete szerint egyik törzsfejlődési jellegzetességük a test megnövekedése. Ma mintegy 600 fajukat ismerik, ezzel szemben az egész fosszilis anyagban, amely a kambriumtól követhető nyomon, mindössze mintegy 100 fajukat sikerült kimutatni. A földtörténeti múltbeli és a mai alakok között a különbség nem nagy. Azokat az alakokat, amelyek hosszú földtörténeti időkön keresztül nem vagy csak alig változnak, konzervatív fajoknak nevezzük. Szoktunk *perzisztens* formákról is beszélni. Ilyenkor az alakoknak — mint mondani szokás — lassú az „evolúciós tempója". Hát ezek a bogárcsigák is ilyen lassú evolúciós tempójú állatok. Egyik karbonbeli maradványukat (43. ábra) *Helminthochiton priscus* néven ismerjük, és végeredményben az a legnagyobb nevezetessége, hogy a háti páncél 8 része közül 4 db együttesen maradt meg. Egyébként ez a lelet is világosan bizonyítja, hogy a bogárcsigák fejlődési üteme mennyire lassú, hiszen kb. 300 millió év alatt semmi alapvető különbség nem alakult ki ezeken az állatokon. Földtörténeti elterjedésükre vonatkozólag azt az érdekes megállapítást tehetjük, hogy a földtörténet ókorában jóval gyakrabban találhatók, mint a földtörténeti középkor és újkor folyamán.



43. ábra. Ritka lelet a karbonból az ősi bogárcsiga (Helminthochiton) *négy összefüggő lemezből álló váza* (a); *rajzunk egy lemezt külön is bemutat* (b) *kívülről és belülről* (Zittel *nyomán)*

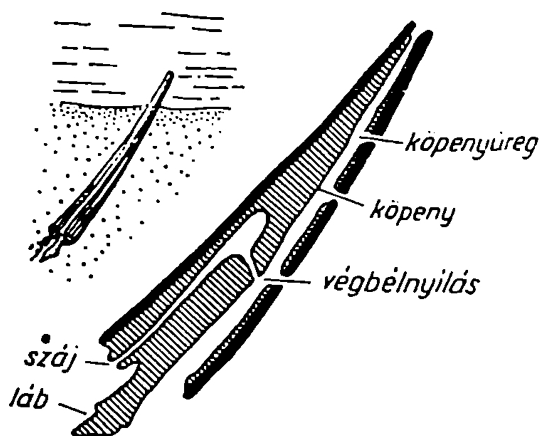
Miután a bogárcsigák jelentősége törzsfejlődési szempontból a *Neopilina* megtalálása óta bizonyos fokig alábbszállt, s mert az ősmaradvány-anyagban sem játszanak fontosabb szerepet, azt hiszem, fentebb elmondtuk róluk mindazt, ami itt érdekelt bennünket.

Ezek után érdeklődésünket teljes mértékben a puhatestűek törzsének következő osztálya, az ásólábúak *(Scaphopoda)* irányába fordíthatjuk.

Az ásólábúak ugyancsak olyan állatcsoportot képviselnek, mint a bogárcsigák: „evolúciós tempójuk" ezeknek is igen lassú. A tudomány szerencséjére ma is élnek s így lágy részeiket is ismerjük. Azért írom, hogy a tudomány szerencséjére, mert be kell vallanunk, hogy ha kihaltak volna és csak vázukat ismernénk, meglehetősen tanácstalanul állanánk e különös vázakkal szemben. A rendszertanba történő besorolásuk ugyancsak sok gondot okozna.

Vázuk mindkét végén nyitott cső, egyik vége kisebb, másik nagyobb átmérőjű. A ház enyhén hajlott. Alakjával így az elefánt agyarára emlékeztet, s ebből a szempontból az agyarcsiga megjelölés valóban találó. Abban a pillanatban azonban, amidőn a méreteket is összehasonlítjuk, az agyarcsiga megjelölés ugyancsak helytelennek tűnik, hiszen a legnagyobb hosszúságú vázak is csak mintegy 8 cm hosszúak, s a szélesebbik vég átmérője ritkán haladja meg a 1 cm-t. (Egy karbonkori észak-amerikai példány átmérője 4 cm, teljes hosszúsága kb. 60 cm lehetett.) A váz néha egészen sima, erősen fénylő, csillogó is lehet, s ilyenkor valóban aprócska kis elefántagyar benyomását keltheti. Néha azonban hosszanti élek húzódnak végig a házon, amelyek aztán ezt a hasonlatosságot teljesen megszüntetik.

Figyeljük meg az agyarcsiga egész szervezetét (44. ábra). Látjuk, hogy itt is még kevéssé differenciált, egyszerűen alkotott testfelépítéssel van dolgunk.



44. ábra. Az agyarcsiga (Dentalium) *a tengerfenék üledékébe fúrja bele magát, s csak testének kis része áll ki (baloldali kép); szervezetéről a nagyított jobboldali hosszmetszet tájékoztat: a vastag vonal jelzi a vázat* (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

Az ásólábúak mind tengerben élnek. Mélységbeli elterjedésük igen tág határok között ingadozik, mert az apály legmélyebb vonalától kezdve egészen tekintélyes tengermélységekig megtalálhatók. Szélesebbik végükkel, ahol a láb kilép a csőből, befúrják magukat a tengerfenék homokjába vagy iszapjába, a váz hátulsó vége azonban a tengerfenék fölé emelkedik, s miután — mint tudjuk — ez is nyitott, itt áramlik be a lélegzéshez szükséges víz. Kopoltyújuk nincsen, a gázcserét a köpenynek a köpenyüreg felé eső felülete végzi.

Érdekes megfigyelni, hogy a kiemelkedő vázrészek a tengerfenék síkjával nagyjából mind azonos szöget zárnak be.

A ma is élőknek mintegy 200, a földtörténeti múltból származóknak pedig kb. 300 faját ismeri az irodalom. A fosszilis alakok között is vannak olyanok, amelyek vázának egy részén befűződés, elszűkülés figyelhető meg. Ezeknek a lába korongalakban végződik.

A többség a *Dentalium*-félékhez tartozik, a befűződést feltüntető alakokat *Siphonodentalium*-félék néven foglalják össze.

Az ősmaradvány-anyagban ezek a különbözőségek szintén felismerhetők; a *Siphonodentalium*ok csak a krétától kezdve ismeretesek, ezzel szemben a *Dentalium*-félék maradványait már az ordovicium óta ismerjük. Azóta sem sokat változtak s így mint vezérlő ősmaradványoknak nem sok jelentőségük van. A földtörténeti ókor és középkor képződményeiben helyenként több példányuk is előfordul, egyébként elég ritkák, ezzel szemben az újkorból maradványaikat már nagyobb számban ismerjük.

Most pedig még azt szeretnénk itt az agyarcsigákról a (latin *dens* szó fogat jelent, így a *Dentalium* név pontosan az agyarcsiga megjelölésnek felel meg) megemlíteni, hogy egyes kutatók szerint a kagylókkal igen közeli rokonságban állnak. Eredetileg ezek is két teknős alakok voltak, mint a kagylók, a hasi oldalon azonban köpenyük összenőtt és ennek következtében a két teknő helyén egységes cső alakult ki. A domború oldal felel meg a hasi oldalnak, itt van a köpenyüreg is. Ebben azonban —

a kagylóktól eltérően — kopoltyúk nincsenek. További eltérés mutatható ki a láb kialakulásában is, amely kimondottan ásólábbá alakult át, amire az osztály neve, ásólábúak (*Scaphopoda*) is utal.

Igazgyöngy a teknők között

Az igazgyöngy — mint tudjuk — a kagylók „gyártmánya". De kevesen tudják, hogy a földtörténeti múltból is ismeretesek gyöngymaradványok. Ezek persze a hosszú évmilliók alatt elvesztették pompás színjátszásukat, de egykori mivoltuk még mindig felismerhető. S még kevesebben tudják, hogy *Kutassy* Endre triászkori gyöngyszemek nyomait is megtalálta, s ily módon a legrégibb gyönggyel ismertetett meg bennünket. A Tatabánya közelében emelkedő Nagycsákány-hegy triászkori dolomitjában gyermekfej nagyságú kagylót talált, amelynek egykori, bizony elég tekintélyes sérülése meggyógyult, de közben 3 gyöngyszem is képződött.

A puhatestű állatok lágy testét a bőr megkettőződéséből származó redő, a köpeny borítja be. Ezt az eddigiek folyamán is már többször hangsúlyoztuk. Tudjuk azt is, hogy a köpeny választja ki a szilárd váz meszes anyagát s a szilárd váz belső rétege — s ez éppen a kagylóknál van így leginkább — a gyöngyházréteg. Ha apró idegen test kerül a köpeny és a teknő közé, ennek nyomására a köpeny tüszőszerűen körülöleli az idegen testecskét s körülötte koncentrikusan mészanyagot választ ki. A körkörös szerkezet következtében megint kialakul a fénytörés és így a gyöngyházfény. Ilyen módon alakulnak ki tehát az igazgyöngyök a két teknő között. Persze ritka dolog, hogy a gyöngyszem szép, gömb alakot és megfelelő nagyságot ér el, s éppen ezért olyan értékes az igazgyöngy. A „tenyésztett gyöngy" akkor alakul ki, ha mesterségesen juttatják a kagyló belsejébe az idegen testet. A gyöngytenyésztés nagymesterei a japánok.

A kagylók tehát mint gyöngytermelők, a kereskedelmi életben is szerepet játszanak. De táplálkozási célokra is felhasználhatók. Közismert dolog, hogy egyes országokban kedvelt csemege az osztriga. A fekete ehető kagylónak pedig a tudományos neve —*Mytilus edulis* — faj-megjelölésében is utal a kagyló ilyen célú felhasználására (*edulis* latin szó, ehetőt jelent).

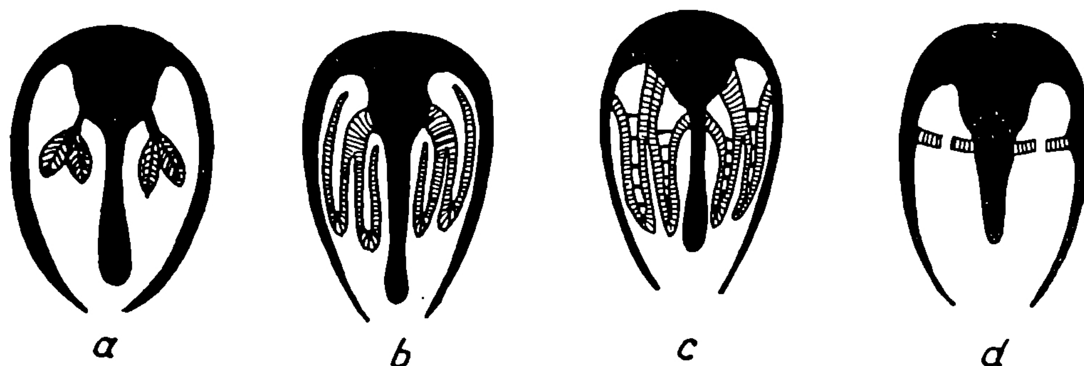
S mindezek után még azt kell elmondani, hogy *Aristotelés* szerint a kagyló olyan állat, amely kívül kemény, belül lágy, és közben van valami, ami a külső keménynél lágyabb, de a belső lágynál keményebb. A kemény a szilárd váz, a lágy test, a közbülső „valami" pedig a köpeny.

A külső szilárd vázról nagyjából már hallottunk. Most még csak azt szeretnénk ezzel kapcsolatban elmondani, hogy a belső gyöngyházréteg vastagsága meglehetősen különböző. A teknő mész-anyaga, azaz a kalciumkarbonát gyakrabban aragonit, ritkábban kalcit formájában kristályosodik. Az aragonit könnyebben oldódik, s így néha olyan ősmaradvány-lelőhelyek is ismeretesek, ahol már csak a kalcit formájában kristályosodó vázak találhatók meg. Hazánkban is, főleg harmad időszaki képződményeinkben sokszor figyelhetjük meg, hogy csak a kalcit teknőjű *Pecten* és *Ostrea* kagylók maradványai kerültek elő. Pedig biztos, hogy eredetileg nemcsak ezek az alakok éltek itt, hanem sok-sok más, köztük aragonithéjú kagylók is.

A köpenyről már nagyjában mindent hallottunk. Egyes részleteket később azonban a köpennyel kapcsolatosan is még majd meg kell állapítanunk.

Vizsgáljuk meg most a kagyló lágy testét. Ennek egyik legfeltűnőbb sajátossága, hogy a lágy testen nem különíthető el a fej, csak a törzsfejlődés legalacsonyabb

fokán álló kagylóknál figyelhető meg csökevényes, alig elkülönülő fej. Ezért a kagylókat fejnélküli puhatestűeknek *(Acephala)* is szokás nevezni. A lágytestnek azt a részét, ahol a szájnyílás van, mellső résznek mondjuk. A hasi oldalon helyezkedik el a láb, amely legtöbbnyire fejsze vagy ék alakú. Erre vonatkozik az állattanban a kagylók *Pelecypoda* (-fejszelábúak) megjelölése. Némely kagyló lábában ún. *bisszusz* mirigyet találunk. Ennek váladéka — a bisszusz — a vízben fonállá szilárdul. A kagylók a bisszusz fonalak segítségével rögzíteni tudják magukat az aljzaton. Sőt az



45. ábra. A kagylók kopoltyútípusai. A fekete szín kívül a teknőket, belül a zsigerzacskót és a lábat jelzi, A fehér színű köpenyüregben a vonalkázás jelzi a kopoltyúkat; — a = *a legkezdetlegesebb* (protobranchia), b = *a fejlettebb törzsfejlődési állapotot képviselő fonalas* (filibranchia), c = *a legfejlettebb állapotot jelző lemezes* (eulamellibranchia) *típus;* d = *a válaszfalas* (septibranchia) *kopoltyú oldalági fejlődés eredménye, s csak néhány kagylónemzetségben található* (A. H. Müller *nyomán)*

egyik faj bisszusz fonalaiból még valóságos fészket is épít magának a tengerfenéken. A láb alakja a különféle életmódoknak megfelelően módosulhat, bizonyos mértékig vissza is fejlődhet.

A lágytest hátulsó végéből két cső indul ki. Ezeket *szifó*nak nevezzük. A két szifót néha közös burok veszi körül, amely el is meszesedhetik, s ilyenkor fosszilizálódásra is alkalmas. A hasi oldal felé eső szifón keresztül jut be a víz a köpenyüregbe, a háti oldal felé esőn keresztül pedig az elhasznált víz és az ürülék kerül a külvilágba. Azoknak a kagylóknak, amelyek a tengerfenék iszapjába fúrják be magukat, a szifói hosszúk és természetesen a fenék fölé emelkednek. Ezzel biztosítják a víz be- és kijutását az állati test belsejébe, pontosabban a köpenyüregbe.

A köpenyüreg — ezt már ugyancsak olvastuk előbb — a köpenylebenyek és a lágy test között van. Itt helyezkednek el a kopoltyúk, amelyeknek felépítése, szerkezete a kagylóknál több típust tüntet föl. A legegyszerűbb típusú egy pár, levél alakú kopoltyúból áll. Hasonlít a bogárcsigák, sok csiga és lábasfejű kopoltyújához. Ezt a kopoltyút fésűskopoltyúnak (*protobranchia*-típus) nevezzük. A másik háromféle módosulat már kizárólag csak a kagylókon található meg (45. ábra). Gyakoribb és fejlettebb a fonalas kopoltyú (*filibranchia*-típus), és még fejlettebb a kagylók legnagyobb részén látható lemezes kopoltyú (*eulamellibranchia*-típus). A rekeszes kopoltyú (*septibranchia*-típus) csak egy kisebb csoportra jellemző, sajátságosan specializált módosulat.

Ebből a felsorolásból az is látszik, hogy a kagylóknak már ötnegyed századdos múltra visszatekintő *Lamellibranchiata* (lemezes kopoltyúsok) névvel való megjelölése nem is helyes. Pedig ez talán a legelterjedtebb és leggyakrabban használt megjelölés. (Itt jegyezzük meg, hogy a szaknyelvben a már említett

neveken kívül szokták a kagylókat *Bivalviá*nak is hívni. Ez kétteknőjűt jelent, s a név még *Linné*től származik. *Lamarck* a *Conchifera* megjelölést használta, amit teknőviselőknek fordíthatnánk le szó szerint.)

A kopoltyúk úgy helyezkednek el, hogy a hátulsó kopoltyúüreg nagyobb a mellsőnél. A ma is élő kagylókat tanulmányozó kutatók a kopoltyúknak igen fontos szerepet tulajdonítanak, segítségükkel szokták a kagylók rendszertanát megszabni. Az őslénytanban a kopoltyúknak nincs jelentősége, mert hiszen nem fosszilizálódnak, s így az ősmaradvány-anyagban nem fordulnak elő. Kétségtelen, hogy a négyféle kopoltyútípus különböző törzsfejlődési állapotot jelent, s egymásból származástanilag levezethető.

A lélegzést nem egyedül a kopoltyúk végzik, hanem a köpeny két felének belső oldala is részt vesz a gázcserében. De mindjárt azt is hozzátehetjük, hogy a kopoltyúknak a lélegzés nem is az egyedüli feladata. A kopoltyúkon csillók helyezkednek el. Ezek a szifón keresztül a köpenyüreg hátulsó felébe került vizet részben meg is szűrik, s a mellső kopoltyúüregbe, a száj közelébe szállítják. Ebben a megszűrt vízben már csak azok az apró szerves anyagok találhatók, amelyekkel a kagyló táplálkozik. A víz mozgatásának további célja az elhasznált víznek a kivezető szifón keresztül a szabadba juttatása. Az elhasznált vízzel együtt távozik az ürülék is. A végbélnyílás a hátulsó kopoltyúüreg háti oldal felé eső részébe nyílik. Ezért van a kivezető szifó is a háti oldal közelében.

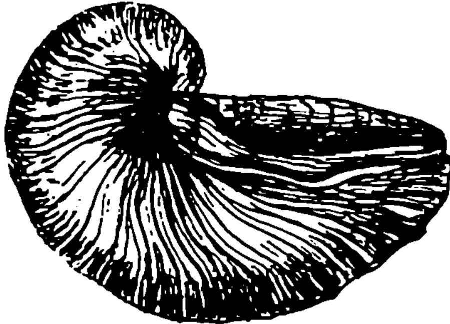
A kagylók többsége kétoldalian részarányos. A szimmetria sík a két teknő között húzódik. Persze, azoknál a kagylóknál, amelyek valamely különleges életmódhoz alkalmazkodtak vagy sajátos környezeti hatásnak voltak kitéve, a kétoldali részarányosság másodlagosan megszűnt. Vannak olyan, belső szervezettségükben egyébként többé-kevésbé szimmetrikusan felépített kagylók is, amelyeknek jobb és bal teknője egymásnak nem hű tükörképe. Ilyenkor egyenlőtlen teknőjű kagylókról beszélünk, szemben az egyenlő teknőjűekkel, amelyeknél a két teknő egészen szimmetrikus. Az egyenlőtlenség a két teknő között megnyilatkozhatik abban a jelenségben, hogy egyik teknő valamivel kisebb mint a másik. Sokkal gyakoribb azonban az az eset, hogy egyik teknő erősebben domború, mint a másik. A két teknő díszítése is különbözhetik ilyenkor egymástól. Az egyenlőtlenségnek vannak aztán szélsőséges esetei is, amikor a kagylóteknők mivolta már csak messzemenő vizsgálatok alapján ismerhető föl. Ilyenekkel főleg egyes kihalt csoportoknál találkozunk. Az ilyen maradványoknak a helyes értelmezése ugyancsak sok fáradságos munkájába került a tudósoknak, és sokszor csak egészen izgalmas kutatásokkal sikerült a valóságot kideríteni.

A kagylókkal kapcsolatban még egy szimmetriasíkról beszélhetünk. Aszerint, hogy egy teknő két részarányos félre osztható-e vagy nem, a teknőket egyenlő vagy egyenlőtlen oldalúaknak nevezzük. A két szimmetria egymással kombinálódik. Vannak egyenlő teknőjű és egyenlő oldalú teknővel bíró alakok, vannak ismét egyenlő teknőjű, de egyenlőtlen oldalú teknőkkel rendelkező alakok stb.

Ezekkel a részarányossági vizsgálatokkal azért foglalkozunk itt kissé részletesebben, mert a teknő alakja sok mindent árul el a kagyló életmódjáról. Az egyenlő teknőjű alakok általában úgy mozognak, hogy a test szimmetria síkja függőleges. Azok a formák, amelyek az ősi mozgásmódot, tehát a tengerfenéken való csúszást megtartották, nemcsak egyenlő teknőjűek, hanem a teknők többé-kevésbé egyenlő oldalúak is. Lábuk elég széles s a hasi oldalon nyomul ki, ha a teknők nyitva vannak. Azoknak a kagylóknak viszont, amelyek a tengerfenék iszapjába fúródnak, átalakul a lába, összenyomottabbá válik, megnyúlik, s inkább előrefelé nyomul ki. Az életmódnak megfelelően a teknők egyenlőoldalúsága is megszűnik. A teknő legkiemel-

kedőbb része, ahonnan növekedése is kiindul, s amelyet búbnak nevezünk, előbbre tolódik. A fúró és ásó életmód rendszerint magával hozza a szifók meghosszabbodását is, amint arról egyébként már szó volt.

Ha a szimmetriasík nem függőleges, akkor a kagyló az eredetitől eltérő mozgást és életmódot folytat. Lehet, hogy egyik teknője ilyenkor erősen domborúvá lesz s ezzel a teknővel ráfekszik az aljzatra. A másik teknő ilyenkor gyakran csak mint lapos fedő jelenik meg (46. ábra), lehet az eltérés kevésbé jelentős, de lehet az is, hogy a kagyló két teknőjének aránylag gyorsan egymásután következő összezárásával és kinyitásával ugráló-úszó mozgást végez.

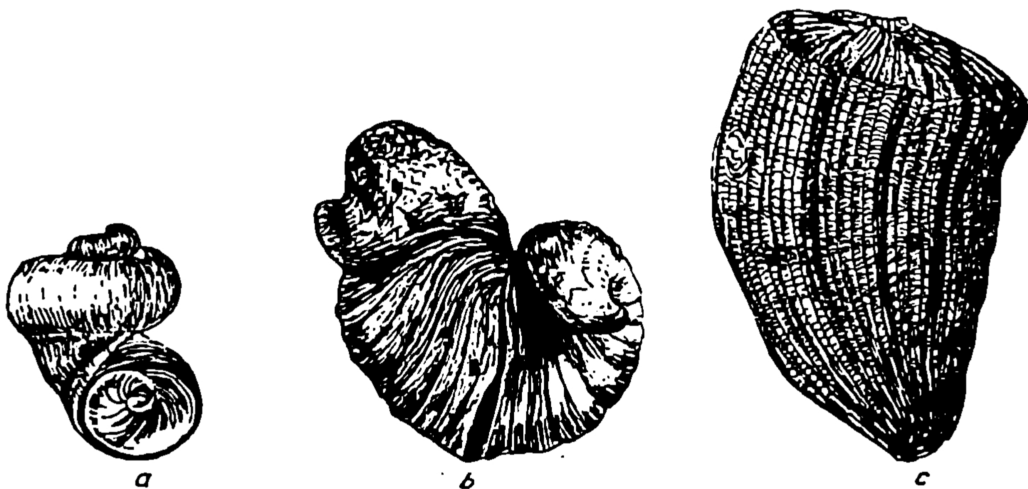


46. ábra. Az osztrigafélék rokonságába tartozó Gryphaea *nagyon egyenlőtlen teknőjű. Az erősen domború bal teknő a tengerfenék iszapján fekszik, a jobb teknő pedig mint fedőteknő szerepel* (Zittel *nyomán)*

Más alakok a tengerfenék homokjába vagy iszapjába fúródva élnek; hogy ezeknél milyen alakbeli változások következnek be némely szervükben, fentebb már olvastuk. Egészítsük ki ezt azzal a megjegyzéssel, hogy a teknők egyenlőtlen oldalúakká, a szifók pedig hosszúvá válnak.

Az életmód további módosulása, amikor a kagyló fába vagy szilárd kőbe fúrja bele magát. Az csak természetes, hogy az ilyen nagymértékű életmódbeli változás a teknők külső alakjában s általában az állat egész szerveződésében is messzemenő módosulásokat von maga után. Gondoljunk a fa és kőzet keménysége közötti különbségre, gondoljunk arra a megfigyelt tényre, hogy a kőbe is az állat vagy erőművi (mechanikai) úton fúrhatja, vagy vegyi úton marhatja be magát s máris világossá válik előttünk az életmód, a környezet, s ezeknek megfelelően a kialakuló forma jelentős mértékű különbözősége.

Vannak aztán rögzített életmódot folytató kagylók is. Mondanunk sem kell



47. ábra. A rögzített életmódú kagylók alakja jelentékenyen módosul — a = Requienia; *az egyik teknő csigaházszerűen csavarodott, a másik kis fedőteknő (a krétában élt);* b = *a jurabeli* Diceras *búbjai kifelé csavarodottak;* c = *a melegvízű, partközeli tengerben élt krétakori* Hippurites *nagyobb teknője kúp alakú, s ennek csúcsával rögzítődött a tengerfenékhez (a másik teknő, mely az erős, csapszerű fogakat viseli, jóval kisebb)* (Zittel *nyomán)*

már az előzőek után, hogy ezeknél következik be a teknők alakjában a legnagyobb mértékű módosulás (47. ábra). Vannak ezek között olyanok, amelyeknél a teknő egészen csigaházszerűvé, másoknál ismét az egyik teknő kúpos, tülök alakúvá, a másik pedig jóval kisebb, bár ugyancsak kúp alakú fedő teknővé lesz.

Az életmódnak és környezethatásnak a teknők alakjában történő visszatükröződése természetesen hallatlan jelentőségű az ősvilági élet tanulmányozása szempontjából. Hiszen ily módon a kagylók ősmaradványként megmaradó része, a két teknő, igen komoly adatokat szolgáltat az egykori, néha sok száz évmillióval ezelőtt élt kagyló életmódjáról. Sőt a törzsfejlődés néhány mozzanata is világossá válik. Magunk előtt látjuk, hogy a földtörténeti múlt hosszú ideje alatt mint következtek egymás után a törzsfejlődés folyamán a különböző alakok, mint alakultak ki az egymástól eltérő típusok. Izgalmasan érdekes ezeknek a viszonyoknak és jelenségeknek a magyarázata, vizsgálata. A lassú mozgású és lassú „evolúciós tempójú" kagylók ezért nagyon lebilincselő tudományos kutatási kérdésekként állanak előttünk. S bármilyen jelentékteleneknek is tűnnek föl külső alakjukban, tanulmányozásuk mégis nagyon komoly és az egész élet fejődésmenetére is vonatkoztatható kérdésekre adhat feleletet.

Ha ilyen nagyfontosságúak a teknők a törzsfejlődés szempontjából, nézzük meg egyedi fejlődésük menetét is. Hiszen nyilván nem kevésbé érdekes az sem!

A kagylók mind vízben élő állatok; ma ismert mintegy 5000 fajukból 4000 él a tengerben, a többi az édesvízben. (Az édesvízi alakok sorában a *Sphaerium*-félék néhány alakja rövidebb ideig a szárazföldön is hosszabb-rövidebb utat tud megtenni.) Az ősmaradványok között az édesvízi formák jóval későbben jelennek meg, mint a tengeriek. Ezért bízvást állíthatjuk, hogy a kagylók kialakulása a tengerben történt s az édesvízi életmódhoz való alkalmazkodásuk csak másodlagosan következett be. A tengeri alakok egyedi fejlődését figyelve, azt állapíthatjuk meg, hogy a petéből olyan lárva kel ki, amelyet a trochophora lárvával azonosíthatunk. Ez a lárvaforma is arra utal, hogy a gyűrűsférgek és a puhatestűek (s ezeken belül természetesen a kagylók) szoros származástani kapcsolatban állanak egymással. Ez tovább fejlődik, más, fejlettebb lárva alakot ölt, de ami bennünket most itt közelebbről érdekel, az az a tény, hogy a fejlődés egyik szakában a háti oldalon egy szarunemű lemez jelenik meg. Az izmok azután a két oldalon lehúzzák a lemezt, amely így a háti részen és a két oldalon veszi körül az állatot. A középvonaltól két oldalt, most megkezdődik a mész kiválasztása, s így megjelenik az a vékonyka két meszes teknő, amelyeket embrionális teknőknek (műszóval *prodissoconchá*knak) nevezünk. Ez után indul meg a végleges teknők kialakulása, aminek következtében az embrionális teknők később lekopnak, lelökődnek. (Fosszilisan is ismeretesek azonban olyan maradványok, amelyeken — bár a végleges teknő már kifejlődött — még megtalálhatók a *prodissoconchá*k). De mi lesz azzal a lemezkerésszel, amely a hátoldalon van s a két — most már kialakult — teknő között maradt?

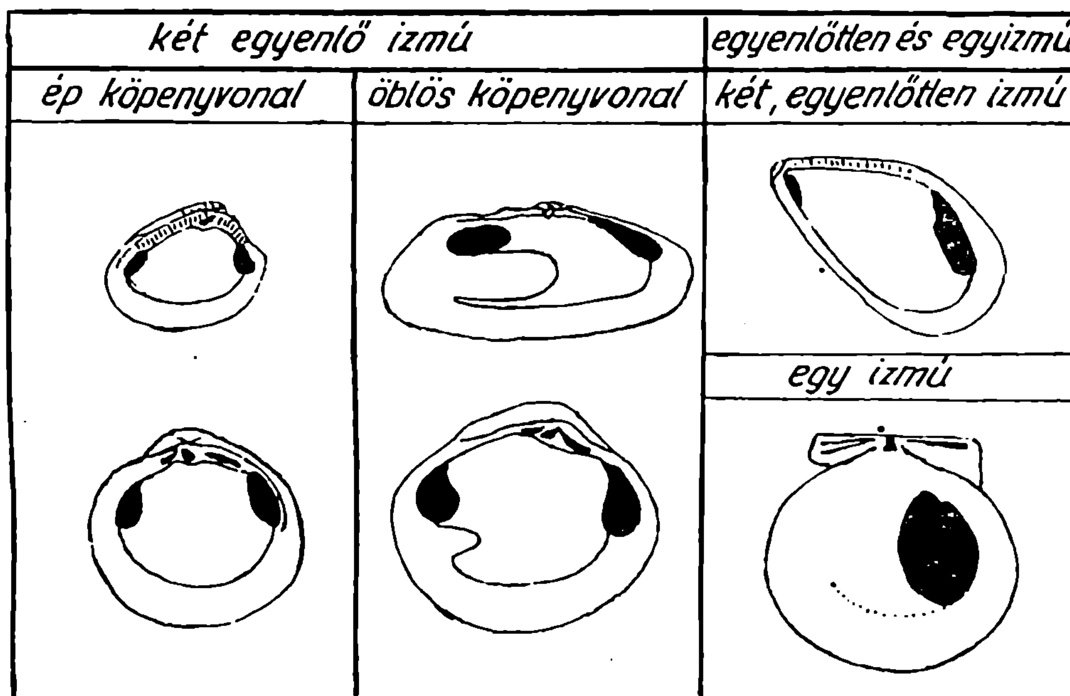
Ahhoz, hogy ezt megállapíthassuk, azt kell megvizsgálnunk, milyen további teendői vannak a teknőknek. Azt már tudjuk, hogy a teknők elsősorban mechanikai védelmi célokat szolgálnak. Ehhez persze igen fontos, hogy jól zárhatók legyenek. Nem kétséges azonban az sem, hogy a jól záródó teknőket időnként ki is kell nyitni, mert hiszen zárt teknők esetében sem a szifó, sem a láb nem tudna kinyomulni.

Mindebből az következik, hogy a teknőknek nyitó- és zárószerkezetre van szükségük. Anélkül, hogy a háti oldalon megmaradt s előbb említett lemezkét végleg elfelejtenénk, nézzük meg először a zárószerkezetet.

A kagylóteknők összezárása izmok segítségével történik. Eredetileg a két teknő mellső és hátsó oldalát köti össze izom. Az izom a teknők belső felületéhez tapad s

így ott izomtapadási nyom alakul ki, amely — természetesen — a fosszilis teknőkön is felismerhető.

Ez az eredeti állapot a törzsfejlődés folyamán a különböző életmódokhoz való alkalmazkodás következtében szintén módosul. Olyan alakokon, amelyeknek teknői a búb előretolódásával egyenlőtlen oldalúvá válnak, sokszor figyelhetjük meg, hogy a mellső izom elcsökevényesedik, és nagyságban messze elmarad a hátulsó izomtól.



48. ábra. A kagylóteknő belsejében jól megfigyelhetők az izmok tapadására szolgáló izombenyomatok és a köpenyvonal. Ősi jelleg a két egyforma izom és az ép köpenyvonal (baloldali oszlop). A középső oszlop alsó rajza sekély, a felső pedig mély köpenyvonal-öblöt ábrázol. A mellső izom csökevényessé válik (jobb oldali oszlop, felső ábra), vagy egészen el is tűnik, s ilyenkor már egyizmú kagylókról beszélünk (alsó rajz) (A. H. Müller *nyomán)*

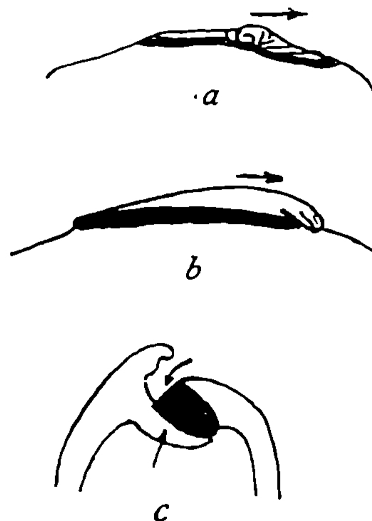
Mint tehát az előbbieknek, ezeknek a kagylóknak is két izmuk van, de míg az eredeti típusú kagylók egyenlő izmúak, az utóbbiak egyenlőtlen izmúakká válnak (48. ábra). Ez a folyamat azután tovább folytatódik olyanképpen, hogy a mellső izom teljesen eltűnik, viszont a hátsó megerősödik és kissé előbbre tolódik, a teknő közepe felé. Ezzel létrejön az egyizmú kagylótípus.

A teknőknek az összezárása tehát az izmok összehúzódásával történik. Attól viszont, hogy az izmok elernyednek, a teknők még nem nyílnának ki. Szükség van tehát nyitószerkezetre is. S ekkor lép működésbe az a bizonyos lemez, amelynek két oldalán a teknők meszes anyaga rakódott le, de hátoldali része a két teknő között mésznélküli maradt. Ez a rész rugalmas lemezként működik, s ha az izmok elernyednek, a megfeszített sarokpánt (mert így nevezik ezt a képződményt) rugalmasan összehúzódik, s nyitja a két teknőt. Abban az esetben, ha a sarokpánt a két teknő hátoldalának külső felületén található meg, külső sarokpántról beszélünk. A kagylók kialakulása azonban úgy is történhetik, hogy a sarokpánt a két teknő búbi része közé (tehát nem a háti oldal külső felületére, hanem belülre) kerül. Ilyenkor belső sarokpántról beszélünk. A külső és belső sarokpánt működésében, természetesen,

elvi különbség jelentkezik (49. ábra). A külső ugyanis a teknők összezáródásakor megfeszül, amidőn pedig az izmok elernyednek, rugalmasságánál fogva összehúzódik s így nyitja a két teknőt. A belső sarokpántot azonban az izmok összehúzódása összenyomja. Az izmok elernyedésekor pedig az összenyomott sarokpánt kitágul s ezzel nyitja a teknőket.

A teknők zárásának és nyitásának a mechanizmusa tehát az izmok működésével és a sarokpánt rugalmasságával kapcsolatos.

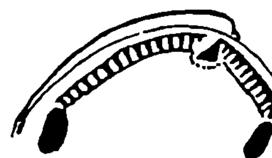
A teknők tökéletesebb záródása céljára azonban egyéb „berendezések" is kialakulnak a kagylókon. A teknő belső oldalának búb alatti részét záros peremnek mondjuk, mert itt található a kagylók „zára". Ez kiemelkedésekből, fogakból és bemélyedésekből, foggödrökből áll.



49. ábra. A sarokpánt külső (a—b) *és belső* (c) *helyzetű lehet. A külső sarokpánt néha a búb előtt és mögött* (a) *helyezkedik el, gyakrabban csak a búb mögött* (b). *A belső sarokpánt* (c) *tartására az egyik teknőben néha külön kis pánttartó is kialakul* (A. H. Müller *nyomán)*

A fogak — és általában a zár — megint olyan fontos részletei a kagylóteknőnek, amelyek az ősmaradvány-anyagon ugyancsak többnyire jól tanulmányozhatók. Ezért — különösen az őslénytan búvárai — a kagylók rendszerezésében is nagyon jelentős szerepet szánnak a zárszerkezetnek, azaz a fogak kialakulásának. A kutatók többsége azt a zártípust tartja a legősibbnek, amelynél a záros peremen számos, többé-kevésbé egyforma fog s köztük fogmeder található. Ilyet találunk a ma is élő *Nucula* (50. ábra) nemzetségen, amely az ordoviciumtól él, s egyike a legősibb kagylótípusoknak. Ősi jellegeinek megfelelően leveles kopoltyúi vannak s a teknő gyöngyházrétege is vastag, erősen fejlett. Az olyan zártípust, amelynél sok és egyforma fog van, *taxodont* zárnak nevezzük, s ezt tekintjük a legősibbnek. Ezek általában „normális" életmódot folytató kagylók, azaz szabadon mozognak a tengerfenéken.

Ezekkel majdnem egy időben jelentkeznek az iszapba ásó életmódot folytató kagylók képviselői is. Miután az iszapba fúródott alak teknőinek szilárd rögzítettsége nem játszik olyan fontos szerepet, mint azoké, amelyek a tengerfenéken szabadon mozognak, — a fogak visszafejlődnek. Így alakul ki a „rejtett fogú"-nak nevezhető kryptodont zár, amely a kagylók nagyon ősi típusain figyelhető meg. A kryptodont zárú kagylók záros peremén tehát nem látunk fogakat és foggödröket, legfeljebb enyhén hullámos kidudorodásokat és bemélyedéseket. Régebben az volt az általános nézet, hogy ez a zártípus az ősi s az előforduló kidudorodások a foggal rendelkező kagylók fogkezdeményeit képviselik. Ma a kutatók nagyobb része a „rejtett fogú" zárban éppen ellenkezőleg, fogcsökevényt lát. A kérdés eldöntése nem történt még meg véglegesen. Talán jövőbeni szerencsés ősmaradványleletek még eldönthetik ezt a kérdést is.

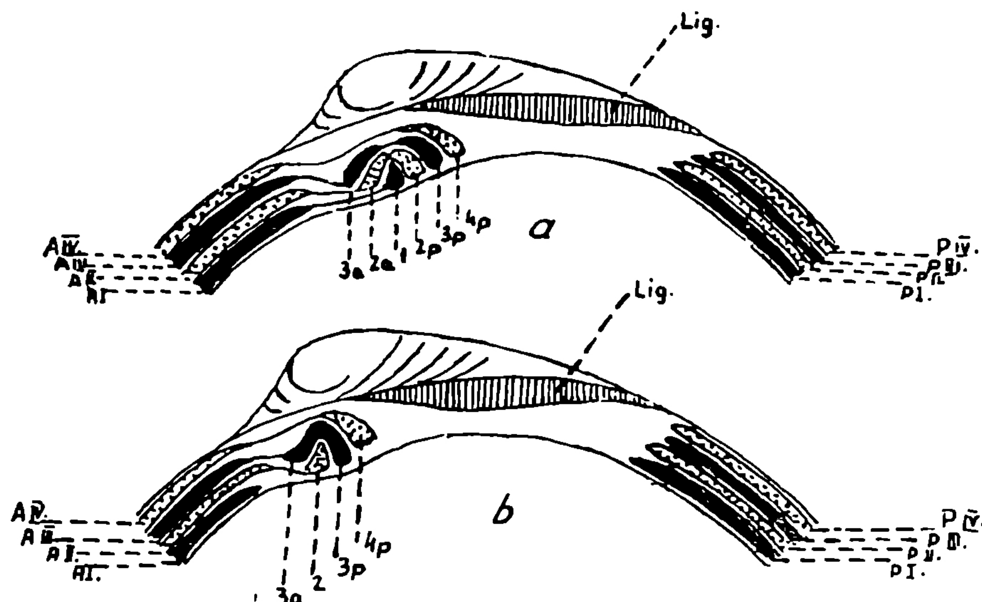


50. ábra. A Nucula *bal teknőjének záros pereme a két egyenlő izombenyomattal. A nagyszámú, egyforma fog jellegzetes taxodont zárat alkot* (A. H. Müller *nyomán)*

Itt inkább azt szerettük volna kiemelni, hogy milyen nagy nehézségbe ütközik sokszor annak az eldöntése, hogy valamely gyengén fejlett szerv kezdeményt jelent-e vagy éppen a fordítottját: csökevényt.

Tény azonban, hogy az összes többi kagylózártípust közvetlenül vagy közvetve a taxodont jellegű zárból származtatják. Nem is célunk itt aprólékos részletekbe hatolni a kagylók különböző zártípusait illetően, már csak azért sem, mert újabban egyre jobban széttagolják, s annyiféle névvel illetik ezeket a típusokat, hogy felsorolásuk messze túlhaladná célkitűzéseinket. A legfőbb egynéhány típussal azonban mégis érdemes megismerkednünk, mert hiszen a kagylók törzsfejlődési viszonyai is nagymértékben tükröződnek vissza az egyes zártípusokban.

A taxodont zárból a fogak számának megkisebbedésével s bizonyos csoportokba



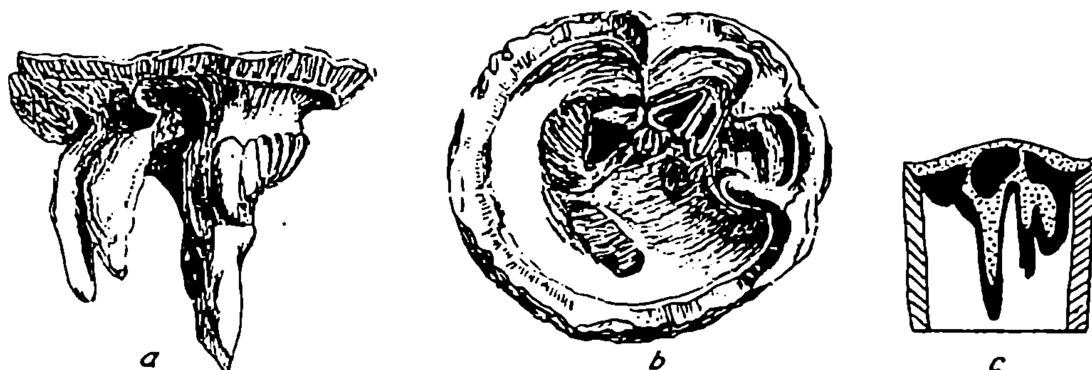
51. ábra. A heterodont *zár vázlata* — a = *cyrenoid;* b = *lucinoid zár. Az előbbit 3, az utóbbit 2 főfog jellemzi az egyes teknőkben. A fekete szín a fogakat, a pontozás a fogmedreket jelöli.* Lig = *sarokpánt.* A *és* P *a mellső ill. hátulsó oldali fogak jele, római számokkal. Az arab számok a főfogakra vonatkoznak, a párosak a bal, a páratlanok a jobb teknőben* (Morley—Davies *nyomán)*

rendeződésével alakul ki a *heterodont* zártípus, amit talán eltérő fogúnak fordíthatunk. A név arra vonatkozik, hogy a fogak a zárosperemen részben közvetlenül a búb alatt, részben pedig a zárosperem mellső és hátsó oldalán helyezkednek el. A búb alattiakat főfogaknak, a többit mellső, illetve hátulsó oldali fogaknak nevezzük. A mellső fogak mindig közelebb fekszenek a főfogakhoz, mint a hátulsók (51. ábra). Ennek a magyarázatát az egyedi fejlődés menetében találjuk meg. Az egyedi fejlődés kezdeti szakában ugyanis a mellső oldali fogak egészen a búb alá érnek föl s ott horogszerűen, vagy talán inkább azt mondhatnánk, kampószerűen meghajlanak. Később a kampószerűen meghajlott részek és a mellső oldali fogak között az összeköttetés megszakad. A kampókból lesznek a búb alatti főfogak, amelyek tehát az egyedi fejlődés korai szakában a mellső oldali fogak részei.

A ma élő kagylóknak igen jelentős részén figyelhetjük meg ezt az „eltérő fogú" zártípust, s most már a név is világosabb számunkra: a fogak eltérnek egymástól helyzetük és kialakulási módjuk szerint. Ha viszont tudjuk, hogy a főfogak a mellső oldali fogakból fejlődtek ki, mindjárt könnyebben tudjuk azt is megérteni, hogy ez a kagylózár a taxodontból fejlődött ki. (Még érthetőbb lenne, ha a taxodont néven összefoglalt típusokat külön ismertetnénk. Ezt azonban nem tehetjük meg, de reméljük, hogy az egész fejlődési menet vázolása így is eléggé világos.)

A következő zártípust, amelyet az „eltérő fogúból" származtatnak, a régebbi magyar irodalomban durványos fogú zárnak mondták. Ez a nem éppen szép hangzású magyar név a szaknyelvben *pachyodont* zárként szerepel. Akár ezt, akár azt a nevet használjuk, a lényeg ugyanaz: egyik teknőben 2—3 nagy, vastag, erős, csapszerű fogat, a másikban ezeknek megfelelő foggödröt találunk (52. ábra). Az ábránkon látható zár ebben az alakban olyan kagylókra jellemző, amelyek csak rövid ideig éltek: a krétabeli ún. *Rudista* kagylókra. A durványos fogúak közt ismerünk nem ennyire szélsőségesen módosult alakokat is. Olyanokat, amelyek amellett megtartották kagylóhoz hasonló, sőt egészen kagylószerű megjelenésüket — szemben ezekkel a *Rudistá*knak nevezett, valóban roppant szélsőségesen módosult alakokkal.

S most már igazán a gyakorlatból ismert ajtó-, szekrény-, fiók- és egyéb zárak sokaságát kellene hasonlatként segítségül hívnunk, hogy a kagylók különböző zárti-



52. ábra. A pachyodont *zár a* Hippuritesen — a = *a fedőteknő oldalnézetben, a 3 csapszerű foggal;* b= *az alsó teknő felülnézetben a fogmederrel;* c = *a két teknő zárt állapotban — vázlatosan, hosszmetszetben. A pontozás a felső teknőt és fogait, a fekete az alsó teknő fogmedreit jelenti* (Zittel *és* Easton *nyomán)*

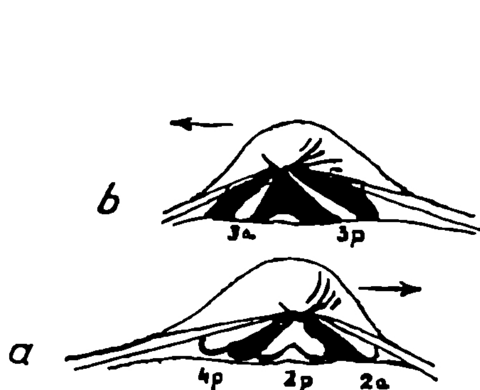
pusaival összevethessük. Gondoljunk arra, hogy vannak középkori zárak, amelyekben széles és vastag nyelv gondoskodott a biztonságról. De ugyanúgy gondolhatunk egy kis finom művű zárra, amely nem nagy méreteivel, hanem elmés szerkezetével nyújt ugyanolyan biztonságot, mint a nagyméretű zár, de természetesen más körülmények között.

Kulcskarikánkon a 10 cm-es, vastag és nehéz kapukulcs mellett ott lóg néhány vékony, lapos kulcs is. Hiába, a zárak rendeltetésüknek megfelelően különböznek egymástól!

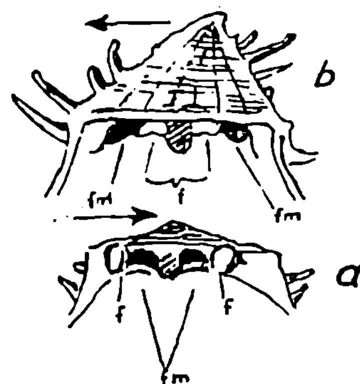
Így van ez a kagylók záraival is: a különböző környezetnek és életmódnak megfelelően különböznek a zárak. Ezeknek néhány típusát már láttuk, de még néhánnyal meg kell ismerkednünk.

Láttuk már, hogyan alakult ki az „eltérő fogú" zár az alaptípusból. Ugyancsak a *taxodont* zárból alakult ki a hasadtfogú *(schizodont)* zár is. Ennél a fogak számában még nagyobb csökkenés következett be, annyira, hogy végül is az egyik teknőben mindössze 1, a másikban pedig 2 fog maradt meg, s mindezek a búb alatt (53. ábra). A hasadt fogú megjelölés arra vonatkozik, hogy az egymagában álló fog kétfelé „hasadt"-nak látszik. Érdekes sajátossága ennek a zártípusnak, hogy az erősebb, pontosabb zárás elérésére a kevés számú fog fogazott körvonalú, ami megint a tökéletesebb zárást teszi lehetővé. További érdekessége ennek a csoportnak, hogy ezekkel áll közeli rokonságban az édesvizeinkben mindenhol előforduló, világszerte elterjedt folyami kagyló *(Unio)* nemzetség is.

Zavarban vagyunk, amikor az egyenlőfogú *(isodont)* zárról beszélünk (54. ábra). Zavarunk onnan adódik, hogy ennek az egyébként igen ritka zártípusnak a származtatását a különböző kutatók más és más zártípusra vezetik vissza. Bármennyire is azt szeretnénk, hogy világosan és pontosan követhessük nyomon a fejlődés egymásutánját, az egymást felváltó alakokat, ez nem mindig sikerül. Hangsúlyoztuk már eddig is, hogy az élet fejlődéstörténetének okmánytára — sajnos — eléggé hiányos és sok részletkérdésben még nem tudunk világosan látni. Ilyen részletkérdés az egyenlő-



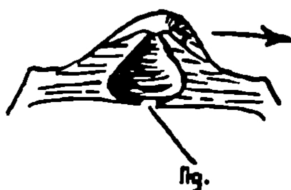
53. ábra. Hasadtfogú (schizodont) *zár. Ennek az alaknak a bal teknőjében* (a) *3 fogat látunk, közülük a középső „hasadt". A jobb teknőben* (b) *csak 2 fog van* (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*



54. ábra. A Spondylus *egyenlőfogú* (isodont) *zára a bal* (a) *és a jobb* (b) *teknőben; f = fog, fm = fogmeder* (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

fogú zár eredete. Mint a képről is láthatjuk, az egyenlőfogú zár mindkét teknőben 2—2 szimmetrikusan elhelyezett fogból s ugyanannyi fogmederből áll. Az ilyen zárszerkezetű kagylók nemcsak egyenlő teknőjűek, hanem többnyire egyenlő oldalú teknőjűek is. Így ezeknek a „normális életmódot" kellene folytatni. Ehelyett azonban helyhezkötött életmódot folytatnak, bisszusz fonalaik segítségével vagy másként rögzítik magukat a tengerfenékhez. S tulajdonképpen ebből az életmódból adódnak azok a zavarok, amelyek a pontosabb származástani kapcsolatokat elhomályosítják.

Nagyon formagazdag a fognélküli *(dysodont)* zártípus. Ennél a búb alatt többnyire rovátkolt mélyedés (néha egyik teknőben ujjszerű bemélyedés, a másikban pedig kiemelkedés) látható s ebben a belső sarokpánt helyezkedik el. Ez a zártípus (55. ábra) főleg az osztriga és fésűskagyló-félékre jellemző, vagyis olyan két csoportra, amelyekről még sokat fogunk hallani a következőkben. Rajtuk kívül azonban még egész sereg hasonló zártípusú nagy kagylócsoport ismeretes.



55. ábra. Dysodont *zár — itt fog nincs, csak bemélyedés a búb alatt a belső sarokpánt számára* (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

Miután fentebb azt ígértük, hogy csak a legáltalánosabb zártípusokkal ismerkedünk meg, most már csak eggyel foglalkozunk itt: ez a „kanalas fogú" *(desmodont)* zár. Ennek az a lényege, hogy fogképletek rendszerint itt sem alakulnak ki. Ennél is belső sarokpánt van, de ez az egyik teknő amolyan kanálszerű képződményében helyezkedik el (56. ábra). Valószínűleg magunktól is rájövünk arra, hogy ezzel a zárszerkezettel ásó vagy fúró életmódot folytató kagylóknál találkozunk.

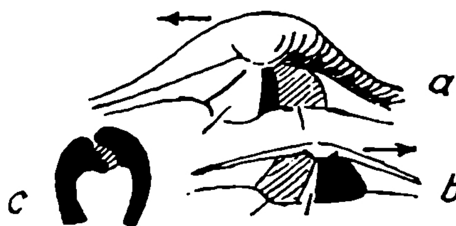
Szinte alig hihető el közelebbi vizsgálódás nélkül, hogy a kagylók teknőinek ilyen aránylag kis része ennyire válto-

zatos legyen! De ha meggondoljuk, hogy ez a nagy változatosság milyen hosszú törzsfejlődés folyamán, milyen különböző életmódok mellett, mennyire eltérő környezetben és hányféle vegyi és fizikai hatásra jön létre, akkor már mindjárt azt véljük, hogy ahhoz képest ez nem is olyan nagyon nagy változatosság. Hiszen említettük, hogy mintegy 5000 kagylófaj él ma s íme csak ilyen kevés zártípus van (s ezek között is előfordul olyan, amelyik csak az ősmaradványanyagból ismeretes).

Ha a kagylóteknőnek egyedül a búb alatti részén, a záros peremen, ennyiféle elütő bélyeget ismertünk föl, nézzük meg, hogy vajon további bélyegek is látszanak-e a teknő belsejében.

Vizsgálódásaink először még mindig a teknők zárásának kérdésével lesznek kapcsolatosak. Egyes kagylók teknőjének a búbbal szemközti, alsó peremén, a belső oldalon rovátkákat találunk. Ezek is a szorosabb illeszkedést szolgálják.

Ismétlésként pedig vizsgáljuk meg még egyszer az izmok tapadási helyeit: az izombenyomatokat (48. ábra). Láttuk, hogy az ősi kagylótípus a kétizmú. Így tehát vannak olyan kagylók, amelyeket kétizmúaknak mondunk. Ezt a fogalmat azonban rendszertani értelemben nem szokás használni, hanem mindjárt azt is megvizsgáljuk, hogy az izmok egyformák-e vagy sem. Az izmok egyformasága vagy különbözősége természetesen az izombenyomatok kifejlődésében is kifejezésre jut. Így az izombenyomatok alapján a kétizmúakat mindjárt két csoportra osztjuk: egyenlő és egyenlőtlen izmúakra. A mellső izom elcsökevényesedése — amint arról már ugyancsak beszéltünk — annyira mehet, hogy végül is csak a hátsó izom marad meg. Így alakul ki az egyizmú típus. Ezek olyan fogalmak most már, amelyek a kagylók rendszerezésében is szerepelnek.



56. ábra. A „kanalas" fogú (desmodont) zárban az egyik teknőben (a) *a búb alatt kanálkaszerű képlet alakul ki (fehér rész) a belső sarokpánt [másik teknőben* (b) *fekete] számára. A nyilak előre a szájnyílás irányába mutatnak. A belső sarokpánt helyzetét a keresztmetszet* (c) *mutatja* (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

A teknő peremével párhuzamosan (ahol két izombenyomat van, ott egyik izombenyomattól a másikig) a belső oldalon többnyire jól felismerhető vonal fut le: a köpenyvonal. A köpeny eddig a vonalig szorosan hozzátapad a teknőhöz. E vonalon kívüli része szabadon áll, mirigyekben igen gazdag s csak ez a rész választja ki a növekedés alkalmával a teknő külső és középső rétegét, míg a belső réteget a köpeny egész felülete. A köpenyvonal a hátulsó részen öblöt ír le (48. ábra). Ez az öböl olyan kagylókban alakul ki, amelyek szifóinak a kitolása és behúzása erős izommunkával történik, s így erősen fejlett szifóizmokkal rendelkeznek. Ennek a jelenségnek a rendszertani jelentősége azért tekintélyes, mert a köpenyvonal is legtöbb esetben felismerhető a földtörténeti múltból származó kagylómaradványokon.

Rendszerezzük a kagylókat!

Mindeddig csak belülről vizsgálgattuk a teknőket. Pedig külső felületükön is találhatunk néhány jellegzetességet, amire egy-két szóval ki kell térnünk.

A köpeny vázkiválasztó működése nem egyenletes és folytonos. Kiválasztó tevékenysége — az évszakos ingadozásokon kívül — egész sereg életvegytani tényezőnek is függvénye. A kagylók külső felületén ennek következtében mindig találunk

a teknő körvonalával többé-kevésbé párhuzamosan lefutó, ún. növekedési vonalakat, amelyek a szakaszos vázkiválasztást jelzik. Miután nemcsak évszakos változások befolyásolják a növekedést, természetes, hogy a növekedési vonalakat nem hasonlíthatjuk össze a fák évgyűrűivel. Ennek ellenére egyes kutatók szerint a növekedési vonalakból bizonyos fokú következtetéseket vonhatunk le a kagylók életkorára vonatkozóan is. A növekedési vonalakon sokszor csomók is kialakulhatnak, de éppen úgy lécek, gallérszerű képződmények is előfordulnak.

Ezeken a körkörös elemeken kívül a búbtól sugárirányban kiinduló díszítőelemeket is találunk néha. Ezeket bordáknak nevezzük. A bordák és bordaközök megint különböző felépítésűek lehetnek.

Amint tehát látjuk, a külső oldal is nagyon változatos kialakulású lehet a kagylóknál.

Annyi mindenféle alaktani és életmódbeli sajátságot ismertünk meg a kagylóknál, hogy ezek után nem lehet számunkra érdektelen, hogyan is osztályozhatnánk ezt a sokféle alakot.

Az osztályozás egyúttal rendszerezést jelent, s azt már hallottuk az előbbiekben, hogy ilyenkor a természetes rendszert igyekszünk felépíteni. Nem elég tehát „vízszintesen", a ma élő alakok alapján megszerkeszteni a rendszert, hanem „függőleges" irányban, más szóval az idő függvényében is nyomon kell követnünk az egyes csoportok fejlődéstörténetét. S bizony, az ilyen rendszer kiépítése sohasem könnyű. Elég, ha arra gondolunk, hogy évszázmilliók folyamán végbement fejlődést akarunk összefoglalni — sajnos — gyakran hiányos anyag alapján.

A kagylók osztályozását is részben a ma is élő állatokkal foglalkozó zoológusok, részben a kihalt formákat vizsgáló paleontológusok kezdték el. Kezdetben a két irány művelői különböző alaktani alapokból indultak ki. S hogy a különböző alapú rendszerekben végül mégis volt egyezés, legalábbis bizonyos fokig, az a szervezet egyes részei közötti szoros viszonosságnak köszönhető.

A korszerű rendszer igyekszik a lágytest szervezetét, a teknők alaktani sajátosságait, és az életmódbeli jelenségeket egyaránt figyelembe venni akkor, amidőn a kagylók természetes rendszerének kialakítására törekszik.

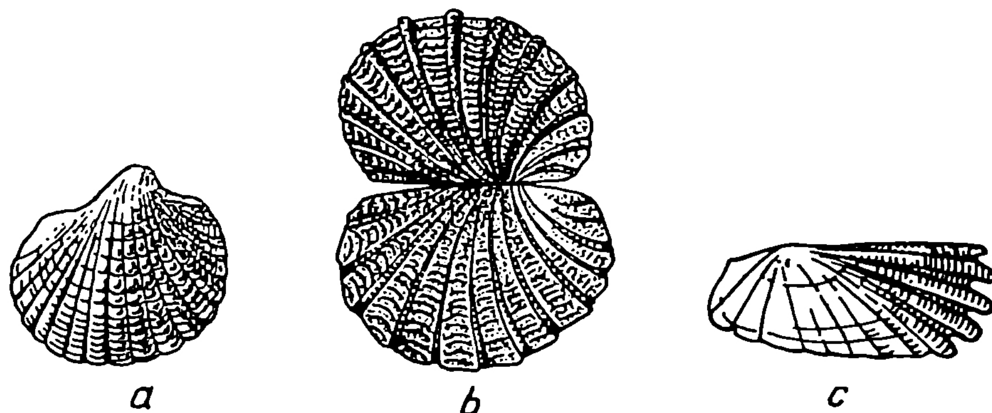
Az összehasonlító bonctan egymaga nem szolgáltathat alapot a rendszer felépítésére, mert az ismert családoknak mintegy $1/4$ része csak a krétától kezdve fordul elő, és a családoknak mintegy $1/5$ részét egyáltalában nem képviselik ma is élő alakok. Különösen a földtörténeti ókor ősmaradványai között sokszor szerepelnek rossz megtartású, sőt hegységképző erőktől erősen torzított alakok.

Korobkov szovjet akadémikus is utalt arra néhány évvel ezelőtt, hogy a kagylók között, főleg a *Pecten*-félék sorában sok olyan rendszertani egység (nemzetség és faj) van, amelyek nem egységes származásúak, hanem több származási vonalat egyesítenek magukban, s a hasonló forma kialakulása környezeti hatásokra vezethető vissza.

A kagylók törzsfejlődését illetően néhány jellemvonás azonban mindezen nehézségek ellenére is felismerhető. Megállapítható, hogy a kopoltyúknak a fejlődése több vonalon haladt az egyszerű felépítésű *(protobranchia)* típustól a differenciáltabb felé, mint alkalmazkodási jelleg. Ugyanez vonatkoztatható bizonyos mértékben a zárszerkezetre is. Megfigyelhető egyes ágakon, hogy a fejlődés folyamán bizonyos nagyságbeli növekedés történt. Különösen őslénytani szempontból fontos a teknő felépítésében és finomszerkezetében bekövetkezett változások sora, mert ezek az ősmaradványok alapján is jól nyomon követhetők. E téren két szembetűnő törzsfejlődési mozzanatot sikerült rögzíteni. Az egyik abban a tényben van, hogy az ősi jelleget képviselő, erősen fejlett gyöngyházréteg mindjobban a háttérbe szorul, s az újabb típusú kagylókban már porcelánszerű. Ezt a jelenséget egyébként a csigák törzsfejlő-

désében is megfigyelték. A másik mozzanat: az aragonit váz helyett a kalcitanyag veszi át az uralkodó szerepet. Hogy ezek az anyagváltozások milyen hőmérsékleti, egyéb fizikai és kémiai okok következtében jöttek létre, ez ideig még nem volt megállapítható. Nyilván nagyon kiterjedt és komplex vizsgálatok fognak csak feleletet adni a jövőben erre az érdekes megállapításra.

Linné, Lamarck, Cuvier, Blainville s a zoológia és paleontológia sok más nagynevű képviselőjének munkásságára építve, a mai általánosabban elfogadott rendszerek egyike a kagylók osztályát két alosztályra osztja. A felosztás alapja a teknő



57. ábra. A Palaeoconchae *néhány képviselője* — a = Cardiola; b = Buchiola *(kinyílt kettős teknő)*; c = Solemya (Zittel *nyomán)*

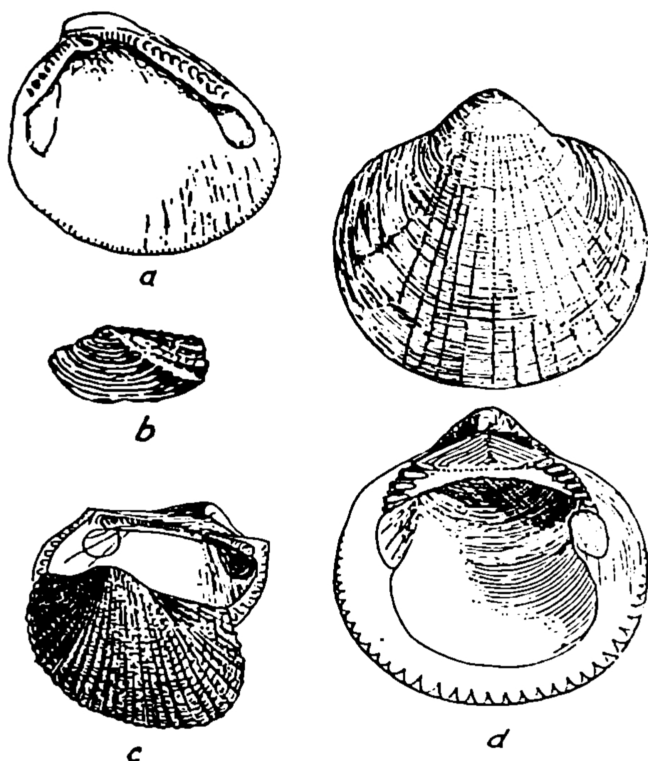
szerkezeti felépítése: az egyikben (ezt a csoportot latin műszóval *Prionodesmacea* néven említik) a külső szerves anyag alatt jól fejlett prizmás, oszlopos és ugyancsak jól fejlett gyöngyházréteg van. A másik csoportnál (a műszó itt sem egyszerűbb: *Teleodesmacea)*, az oszlopos réteget vastag lemezes porcelánszerű réteg helyettesíti, a gyöngyházréteg fejletlen. Az első csoport ősibb jellegeit igazolja, hogy a köpenylebenyek egymással nem nőttek össze, s a szifók kevéssé fejlettek. Fésűs vagy fonalas kopoltyúik vannak. Ide tartoznak egy-egy rendet alkotva a rejtett, taxodont, hasadt, egyenlő fogú és fognélküli zárral rendelkező alakok. A másik alosztály törzsfejlődésileg magasabb fokára a következő jellegek utalnak: a köpenylebenyek egymással összenőttek és csak a láb és szifók kilépése helyén vannak szabadon. A szifók erősen fejlettek, lemezes kopoltyúik vannak, egy kis csoportnak pedig rekeszes kopoltyúi. Az ide tartozó rendek zára: eltérő, durványos vagy kanalas fogú. A két alosztályban ugyan mindhárom féle életmódot folytató kagyló megtalálható, az elsőben azonban csak igen kis számban találunk ásó (tehát nem valódi fúró) életmódot folytató kagylót, míg a második alosztályban gyakori az ásó életmód és valamennyi fúrókagyló is ide tartozik.

Fussunk át most az egyes rendeken is, és nézzük meg, milyen érdekesebb formákkal, esetleg földtörténeti szempontból fontos nemzetségekkel találkozunk.

Az első alosztály *(Prionodesmacea)* ősi jellegű csoportját a rendszerezők *Palaeoconchae* néven foglalták össze. Ide a rejtett fogú *(kryptodont)* zárú alakokat sorozzuk, amelyek egyenlő teknőjűek, mint ahogyan két izmuk is nagyjából egyenlően fejlett. A teknők vékonyak s bizonyos mértékig emlékeztetnek az embrionális teknőre, a *prodissoconchá*ra, amelyet a kifejlett alakok legnagyobb részénél már nem találunk meg. Valószínűleg szabadon másztak a tengerfenéken, de ma is élő képviselőjük ásó életmódot folytat. Az ordoviciumban jelennek meg, a szilurban érik el virágzásuk

tetőfokát, a devonból is elég szép számban ismeretesek, de azután már alig találjuk meg képviselőiket, bár még ma is élő alakjuk is van. Mint korjelző a *Cardiola* (57. ábra, *a)* a szilurban játszik szerepet, a *Buchiola* (57. ábra, *b)* a szilurban és devonban. A krétától máig is élő *Solemya* (57. ábra, *c)* ásó életmódot folytat, s igen érdekes módon búbja hátrafelé tolódott, úgyhogy mellső vége jelentékenyen hosszabb a hátsónál.

A következő rend neve: *Taxodonta.* Ez a megjelölés már egymagában világosan beszél e rend alakjainak zártípusáról: a taxodont zárú kagylók a *Taxodonta* rendbe tartoznak. De nézzük meg, hogy a zártípuson kívül milyen további jellegzetességekkel találkozunk még. Izmaik egyenlők. Legtöbbjüknek ép köpenyvonala van, mindössze egy kisebb csoportnál találkozunk sekély és kisterjedelmű köpenyöböllel. A rend neve azonban azt már nem árulja el, hogy az ide sorolt alakokat a kopoltyúk alkotása szerint két alrendbe kell osztani.



58. ábra. Taxodonta *kagylók* — a = Nucula *jobb teknője belülről;* b = Costatoleda *az egri téglagyárból;* c = Arca *teknője kívülről és belülről;* d = Glycymeris *belülről és kívülről* (A. H. Müller, Telegdi—Roth K. *és* K. Zittel *nyomán)*

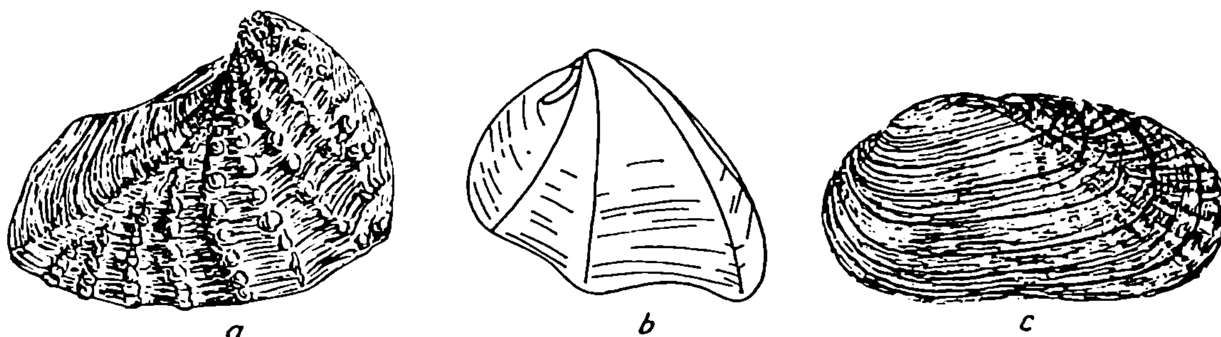
Az egyik alrend fésűs, a másik azonban már fonalas kopoltyúval rendelkezik, legalábbis a ma is vizsgálható élő alakok. A megegyező teknő-jellegek alapján semmi okunk sincs arra, hogy a hasonló felépítésű, zárú, kifejlődésű teknővel bíró alakokban más kopoltyútípust tételezzünk fel, mint a ma élőkben van. A fésűs-kopoltyús alakokat *Nucula-*, a fonalas-kopoltyúsokat *Arca*-féléknek nevezzük.

A *Nucula*-félék általában kisebb termetűek. Első képviselőjük egyes kutatók szerint már a kambriumban megjelent, bár a legtöbb paleontológus a kagylók megjelenési idejeként az ordoviciumot említi. Maga a *Nucula* nemzetség (58. ábra, *a)* többé-kevésbé háromszög alakú, a zárosperem búb előtti és búb mögötti oldala közel derékszöget zár be egymással. A kagylók gyöngyházrétege jól fejlett. Maga a *Nucula* nemzetség a szilurban lép fel s mindmáig ismeretes. Hazánkban különösen a miocénkori üledékekben gyakori. Rokonságába tartozik a sekély köpenyöböllel, megnyúlt hátulsó teknőféllel rendelkező *Leda* is, amelynek egyik igen érdekes alakját *Telegdi—Roth* Károly a híres egri téglagyári faunában találta meg (58. ábra, *b).* Egyesek ide sorolják a legősibb, talán a devonból származó édes- és csökkent sós vízi kagylókat, amilyen pl. az *Anthracosia.*

Az *Arca*-féléknek fonalas kopoltyúja, egyenes vagy hajlott zárospereme van. Termetük általában nagyobb, mint a *Nucula*-féléké és vagy kör alakúak vagy sajkaformájúak. Míg a *Nucula*-félék egész életükben szabadon mozognak, azaz normális életmódúak, addig az *Arca*-félék fiatal példányai bisszusz fonallal rögzítik magukat a tengerfenékhez és csak később szabadítják ki magukat az önkéntes megkötöttségből.

Ezt az életmódbeli változást azért említjük, mert két teknőjük egymás tükörképe (sőt sok alakjuknál még az egyes teknők is részarányosak). Márpedig tudjuk, hogy a helyhez kötött életmódúak rendszerint nem egyenlő teknőjűek. Miután azonban életük későbbi szakában leválnak bisszusz fonalaikról és szabadon mozgó alakokká lesznek, teknőik megtartják a részarányosságukat.

Maga az *Arca* nemzetség (58. ábra, *c)* a triásztól máig él s közel 700 különböző faját ismerjük. Ezek között a harmad időszakbeli *Arca diluvii* egyike a leggyakoribb alakoknak. A sajka alakú teknőt kívül számos borda díszíti. A záros perem hosszú és egyenes. A kerekded körvonalú alakok sorában a *Glycymeris* (régebbi nevén *Pectunculus)* tartozik a gyakori ősmaradványok sorába. A krétától ismeretes. Teknőjén kívül csak koncentrikusan lefutó növedékvonalak láthatók, de a teknő egészének fel-



59. ábra. Hasadtfogú (schizodont) *zárú kagylók* — a = Trigonia, b = Myophoria, c = *hazai pliocéni képződményeinkben jellegzetes kagyló, az* Unio wetzleri

építésében bordák is szerepelnek. Ezek azonban vékonyak, és csak akkor válnak láthatókká, ha a vastag teknő felületének egy része lekopik. A *Glycymeris obovata* (58. ábra, *d)* faj az oligocénban élő alak, amely nálunk is olyan nagy tömegben fordul elő helyenként, hogy *Glycymeris obovatás-* (v. *Pectunculus obovatus*os-) homokrétegről is szokás beszélni. Erről a fajról már a magyar irodalomban is olyan sokat vitáztak, hogy a vele foglalkozó dolgozatok tömege megtöltene egy könyvszekrényt.

A *Nucula*-félékhez viszonyítva az *Arca*-félék tehát magasabb törzsfejlődési állapotot jelentenek: kopoltyú, teknőszerkezet mind ezt igazolja.

A kagylók fejlődésének egyik további lépését jelentik azok az alakok, amelyeket *Schizodonta* néven foglalnak össze. A kopoltyúk még ezeknél is fonalasak, azonban záruk már nem a kezdetleges, a törzsfejlődés elején álló taxodont típust mutatja, hanem a hasadtfogút (53. ábra). Megint arra kell utalnunk, hogy pontosan nem tudjuk megmondani, melyik zártípusból alakult ki a hasadtfogú. Miután azonban a *Schizodonta* rendbe sorozott kagylók teknőjében mind a prizmás, mind a gyöngyházréteg erősen fejlett, kopoltyúik pedig fonalasak, ezeket is a törzsfejlődésileg alacsonyabb fokon álló kagylóknak kell tekintenünk. További érv e megállapítás mellett az a tény, hogy a *Schizodonta* rend mai képviselői már túlnyomó nagy többségükben igen komoly módosulást mutatnak a régebbi alakokhoz képest. Izmaik egyenlően fejlettek. Első képviselőik ezeknek is az ordovicium folyamán jelentek meg s máig is élnek.

A rendszertan kiépítői a *Schizodonta* rendben is két alrendet szoktak megkülönböztetni. A *Trigonia*-féléknél találjuk a tipikus hasadtfogú zárat. Maga a *Trigonia* nemzetség (59. ábra, *a)* egyike a legdíszesebb kagylóknak. Bordáin bütykök találhatók; de a búbtól hátrafelé húzódó él mögötti kisebb felületen a díszítés viszont már nem tünteti föl a bütyköket. A *Trigoniák* a jurában érték el fejlődésük csúcs-

pontját, azóta formagazdagságuk fokozatosan csökken. Ma már csak néhány fajuk él az Ausztrália körüli óceáni területeken. Érdekes, hogy ezek a ma élő formák nagyobb mélységben élnek, mint amilyenben jurabeli elődeik tanyázhattak.

Ugyancsak jellegzetesen hasadtfogú a triászban vezérlő ősmaradvány szerepét játszó, de már a devonban jelentkező *Myophoria* (59. ábra, *b*).

A másik alrendbe azokat a kagylókat sorozzák, amelyek a csökkentsós- és édesvízi életmódhoz alkalmazkodott hasadtfogúak lehetnek. Ezeknek zárja elég jelentékeny mértékben módosul, és korántsem olyan egyszerű benne a hasadtfogú zár egyes elemeit fölismerni. A komoly életmódbeli változás mellett azonban ezen nem is nagyon csodálkozhatunk. Közöttük a *Cardinia* a jurában játszik fontos szerepet, mint szintjelző alak. Mecseki kőszénképződményes sorozatunkban a széntelepes csoport fedőjében ugyancsak megtaláljuk ennek az alaknak a képviselőit.

S ugyanide sorolják az édesvizeinkben széltében-hosszában elterjedt folyami kagylót (*Unio*, 59. ábra, *c*) is. Ennek triászbeli elterjedése kétes, de a jura végétől már biztosan kimutatható. Pannon-rétegeinkben szintjelző az *Unio wetzleri* nevű faj.

Már beszéltünk arról, hogy a fosszilizálódás feltételei a tengerben sokkal kedvezőbbek, mint a folyókban. Ebből következik megint, hogy azok a *Schizodonta* rendbeli kagylók, amelyek a csökkentsós- és méginkább az édesvízi életmódhoz alkalmazkodtak, az ősmaradvány-anyagban sokkal gyérebben fordulnak elő, mint a tengerben élők. Ezért olyan nehéz a ma annyira elterjedt *Unio* és a belőlük származtatott *Anodonta* nemzetség törzsfejlődési viszonyait tisztázni. Származásukkal kapcsolatban eleinte az volt a felfogás, hogy a *Taxodonta* rendben említett, ugyancsak édesvízi *Anthracosia* nemzetségből vezethetők le. *Steinmann* Gusztáv (1856—1929), a bonni egyetem világhírű paleontológusa, aki 1928-ban a Budapesten tartott nemzetközi őslénytani konferencián is megjelent s mint a konferencia egyik legidősebb tagja, osztatlan tiszteletnek örvendett, az *Unio*k származtatásáról a bécsi egyetem egykori professzorának, *Neumayr* Melchiornak (1845—1890) az eredményeihez csatlakozva azt hangsúlyozta, hogy az *Unio*k olyan *Trigonia*-félékre vezethetők vissza, amelyek a csökkentsós vízbe és a folyókba vándoroltak. Ezt a felfogást alátámasztja, hogy Kelet-Ázsia kréta időszaki képződményeiben kétségtelenül csökkentsósvízi rétegekből kerültek elő a *Trigoniá*hoz közelálló ősmaradványok. Néhány év előtti vizsgálatok ezeket az alakokat már megint inkább az Uniókhoz közelebb állónak vélték. A *Trigonia*- és *Unio*-félék közötti rokonság azonban egyre inkább valószínűnek kezd látszani. S ugyanígy az *Anodonta* leszármaztatása az *Unió*ból szintén elfogadott. Az *Anodonta* név annyit jelent, mint fognélküli. S valóban, az *Anodontá*n az egykori ősök hasadtfogú zárja teljesen visszafejlődött. Az *Anodonta* olyan kagyló, amely főleg erősen iszapos fenekű tavakban él. A zár biztonsága tehát nem olyan elsőrendűen fontos, és így a zár fog- és fogmeder-képletei elcsökevényesedtek.

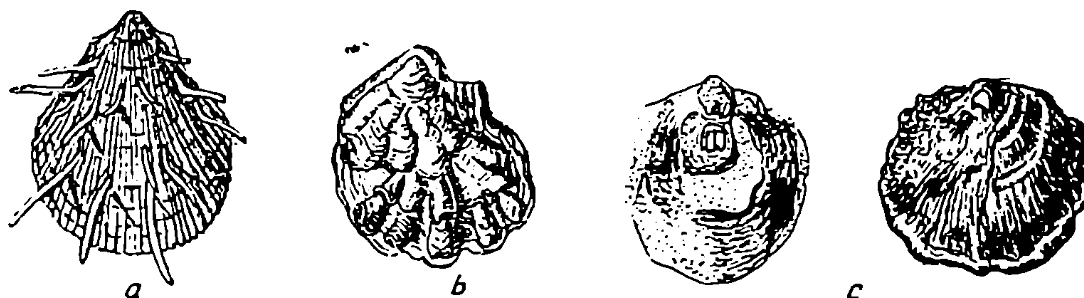
Ha nem dinamikus egységben néznénk a kagylók fejlődését, hanem csupán az alaktani hasonlóság statikus szemléletére építenénk, bizony aligha jutott volna valaha is valakinek az eszébe, hogy a fognélküli kagylókat az annyira jellegzetes zárú *Trigonia*-félékkel s így a hasadtfogúakkal hozza kapcsolatba.

Az egyenlőfogú kagylókat az *Isodonta* rendben foglalja össze rendszerünk. Az egyenlőfogú zár felépítését már megismertük (54. ábra). A származástani kapcsolatokat itt sem sikerült biztosan kimutatni. A következőkben tárgyalandó rend *Pecten*-féléiből (fésűs kagylók) szokták ennek a rendnek az alakjait származtatni. Kis csoportot alkotnak csak, amely aránylag elég későn, a földtörténeti középkorban jelent meg s azután nyert csak nagyobb jelentőséget a tengeri élet közösségében.

Fonalas kopoltyúsok. Az eddig tárgyalt valamennyi rend képviselőjétől élesen

különböznek abban a jellegzetességben, hogy ezeknek már csak 1 izmuk van. A mellső izom teljesen elcsökevényesedett, a hátulsó viszont megnagyobbodott és a teknő közepe felé tolódott. Minthogy az *Isodonta* rend közé sorolt kagylók rögzített életmódot folytatnak, teknőik egymásnak nem tükörképei, hanem rendszerint elég jelentékeny mértékben különböznek egymástól. A helyhezkötött életmód azután azt is eredményezi, hogy növekedés közben a kagyló kénytelen a rendelkezésére álló térhez alkalmazkodni s így még a teknők körvonalaiban is nagyarányú eltorzulások jöhetnek létre.

Egyebekben ennek a rendnek is két alrendjét különböztetjük meg. Egyik ezek közül a *Spondylus*-féléket foglalja magában. Aránylag vastag teknőjű, nagyobb termetű alakok, a melegebb vizű tengerek sekélyebb részeinek lakói. Általában élénk színekben, narancssárga, vörhenyes, sárga stb. pompáznak, és a teknők felüle-



60. ábra. Egyenlőfogú (isodont zárú) kagylók — a = Spondylus *teknő kívülről. A tüskék az iszapba való rögzülést célozzák;* b = Plicatula, c = Anomia *teknő belülről és kívülről* (Zittel, Hörnes *és* Maryland Geol. Surv, *nyomán)*

téről sokszor tekintélyes tüskék nyúlnak ki. Sem a szín, sem a tüske a maga teljes hosszában az ősmaradvány-anyagban már nem fordul elő, mert a színező anyagok a fosszilizáció folyamán tönkremennek, a tüskék pedig a kőzetté szilárdult üledékekből nem szabadíthatók ki. A *Spondylus* (60. ábra, *a*) a triász elejétől él mindmáig s ugyanúgy közeli rokona, a *Plicatula* (60. ábra, *b*) is.

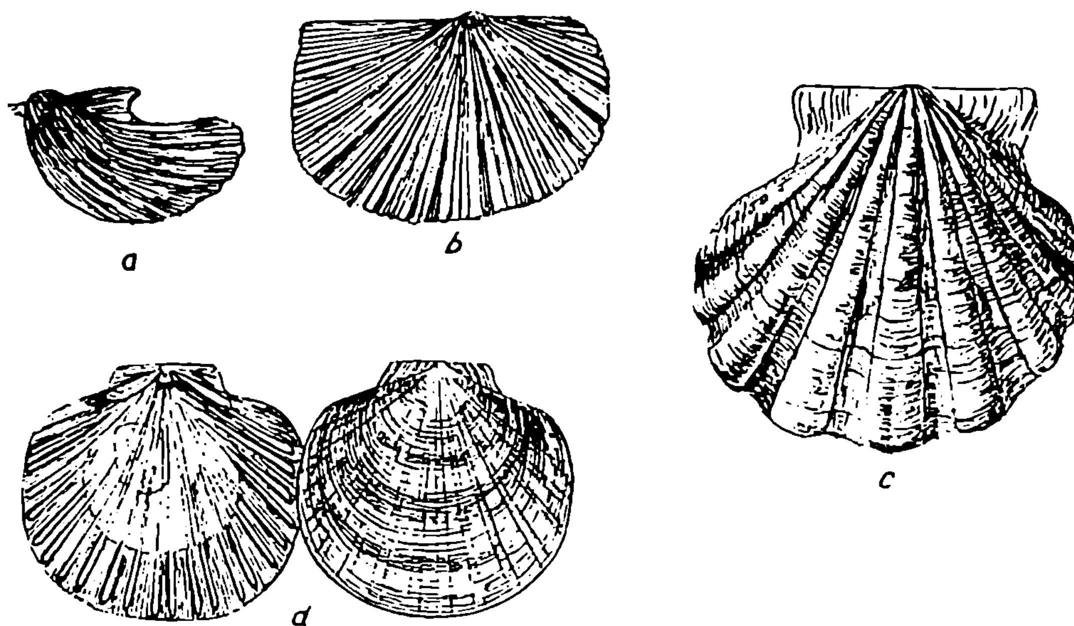
A másik alrendbe tartozó *Anomia*-félék kerekded körvonalúak s igen vékony teknőjűek. A teknők legnagyobb része gyöngyházanyagból áll. Az *Anomia* a jurától él máig, s különösen a harmad időszaki üledékekben igen gyakran fordul elő (60. ábra, *c*), annyira, hogy nálunk is szoktak anomiás homokról beszélni a miocén elején. Bisszusz fonala elmeszesedett, így igen erősen rögzíti magát a tengerfenékhez. Ennek következménye, hogy körvonala is igen változékony.

A kagylók egyik igen népes csoportját a fognélküliek *(Dysodonta)* rendje alkotja. Alaktani jellegeiben e rend nem egységes, mert közöttük találunk fonalas, de már lemezes kopoltyús alakokat is. Előbbiek már az ordoviciumban felléptek, utóbbiak csak a devontól kezdve ismeretesek. De többségükben csak a földtörténeti ókor után kezdenek fontosabb szerephez jutni.

A *Dysodonta* rend egyik alakokban leggazdagabb alrendjét a *Pecten*-félék alkotják. Teknőjük többnyire kerekded körvonalú, s a búb két oldalán rendszerint fülszerű képződmény van. Sok alaknak egyforma a két teknője, soknak pedig különböző. Éppúgy előfordulnak soraikban egyenlő, mint egyenlőtlen oldalú teknőjűek, de az előbbiek jóval gyakoribbak. Legtöbbjüknek a teknőjét, külső felületét a búbtól sugár irányban széthaladó bordák díszítik. Vannak olyanok, amelyeknek belső oldalán találunk csak bordaszerű támasztóléceket, s olyanok is, amelyeknek teknőin csak növekedési vonalak figyelhetők meg. Nagyságukról annyit jegyezhetünk meg,

hogy a fiatal harmad időszak előtti példányok csak kivételesen haladják meg az 5 cm-es átmérőt, míg a későbbi alakok sorában már 5—20 cm-es átmérőjű alakok is előfordulnak.

Többnyire egész életükben egyik teknőjükkel a tengerfenékhez rögzítetten találhatók. Bisszusz fonaluk a mellső fülecske kivágásán keresztül jut a szabadba. Egyesek csak fiatal korukban rögzítettek, később szabadon másznak a tengerfenéken, sőt vannak olyan alakok is, amelyek a teknők gyors nyitásával és hirtelen becsukásával úszó mozgást is tudnak végezni. Az alakbeli nagy változatosság tehát az élet-



61. ábra. Fognélküli (dysodont) *zárú kagylók* — a = *a felső triász szintjelző alakja, a* Pteria contorta, *amelyet régebben* Avicula contorta *néven ismertek;* b = *a középső triászra jellemző a vékony és lapos teknőjű, finoman bordázott* Daonella; c = *a melegvízű tengerek közönséges kagylója, a fésűs kagyló* (Pecten); d = *a* Pecten *rokonságába tartozó* Amussium *teknője belülről és kívülről* (Zittel *és* Hörnes *nyomán)*

módbeli nagy változatossággal is magyarázható. Köpenyvonaluk ép, lábuk csak gyengén fejlett. Bár a köpenyvonallal kapcsolatban megjegyezhetjük, hogy a bal teknőn enyhe öböl figyelhető meg a mellső fülecske alatt azokon az alakokon, amelyek jobb teknőjükön fekszenek és a bal mint fedőteknő szerepel. A fekvő helyzetben rögzített alakok jobb teknője, amelyen a kagyló fekszik, erősen domború, a bal oldali fedőteknője pedig lapos vagy homorú is lehet. Ezzel szemben a fiatal állat alsó teknője lapos, a fedőteknője pedig domború. Nyomatékosan igazolja ez a jelenség is az életmód nagy befolyását az alaktani jellegekre.

A *Dysodonta* rendben — mint láttuk — fonalas és lemezes kopoltyúk egyaránt előfordulnak. A *Pecten*-félék alrendjében *(Pectinacea)* fonalas kopoltyúk vannak csak. Általában csak egy izmuk van, de egyes alakokon az elcsökevényesedett mellső izom gyenge nyoma még megfigyelhető.

Az egyenlőtlen oldalú teknőjű alakok közül megemlítjük a legfelső triászra jellemző vezérlő ősmaradványt: *Pteria contorta* (61. ábra, *a*). A földtörténeti tankönyvek rendszerint *Avicula contorta* néven említik, azonban helytelenül. Az *Avicula* nevet ugyanis *Klein* 1753-ban, tehát *Linné Systema naturae* c. könyve, a névadás szempontjá-

ból perdöntő 10. kiadásának megjelenése előtt alkalmazta először s így ez a név érvénytelen. Maga a *Pteria* nemzetség egyébként csak a felső triászban tűnik fel és mindmáig él.

A *Daonella* nemzetség (61. ábra, *b*) vékony és lapos teknőjű, bordái igen finomak, a búb két oldalán hiányzanak a fülszerű képletek. Az egyik tótkomlósi mélyfúrásunkban ennek a kagylónak az alapján sikerült kimutatni, hogy a fúró már a triászkori üledékekben jár. A sokkal fiatalabb pannóniai rétegsorhoz képest semmiféle jelentősebb kőzettani változás nem volt megfigyelhető s így a kagylómaradvány igazolta a rétegek korát. A *Daonella* ui. csak a triászban élt.

A *Pecten*ek családjában a mellső izomnak már legkisebb csökevénye sem figyelhető meg: ezek már kivétel nélkül csak egy izommal rendelkeznek. A fiatalabb harmad időszak *Pecten*jeit nemrégiben ismertette *Csepreghyné Meznerics* Ilona, akinek ezt a korszerű munkáját a közelmúltban a Francia Földtani Társulat egyik legmagasabb szintű kiadványsorozatában adta ki. Ez a monográfia sok *Pecten* és vele közeli rokon nemzetség (61. ábra, *c* és *d*) szintjelző szerepét tisztázta.

A *Dysodonta* rend következő alrendjébe a *Mytilus*-félék *(Mytilacea)* tartoznak. Kopoltyújuk ezeknek is fonalas, azonban a mellső izom — ha csökevényesen is — de még jól fölismerhető. Ezek az alakok tehát két, de egyenlőtlen izmú formák. A típus a ma is élő s — mint már említettük — táplálékul is szolgáló ehető fekete kagyló *(Mytilus edulis)*. A nagy elterjedésű kagyló általában a sekély mélységek lakója: helyenként olyan tömegesen fordul elő, hogy a tenger fenekét valósággal elborítják egyedei. Bisszusz fonállal rögzíti magát az aljzathoz.

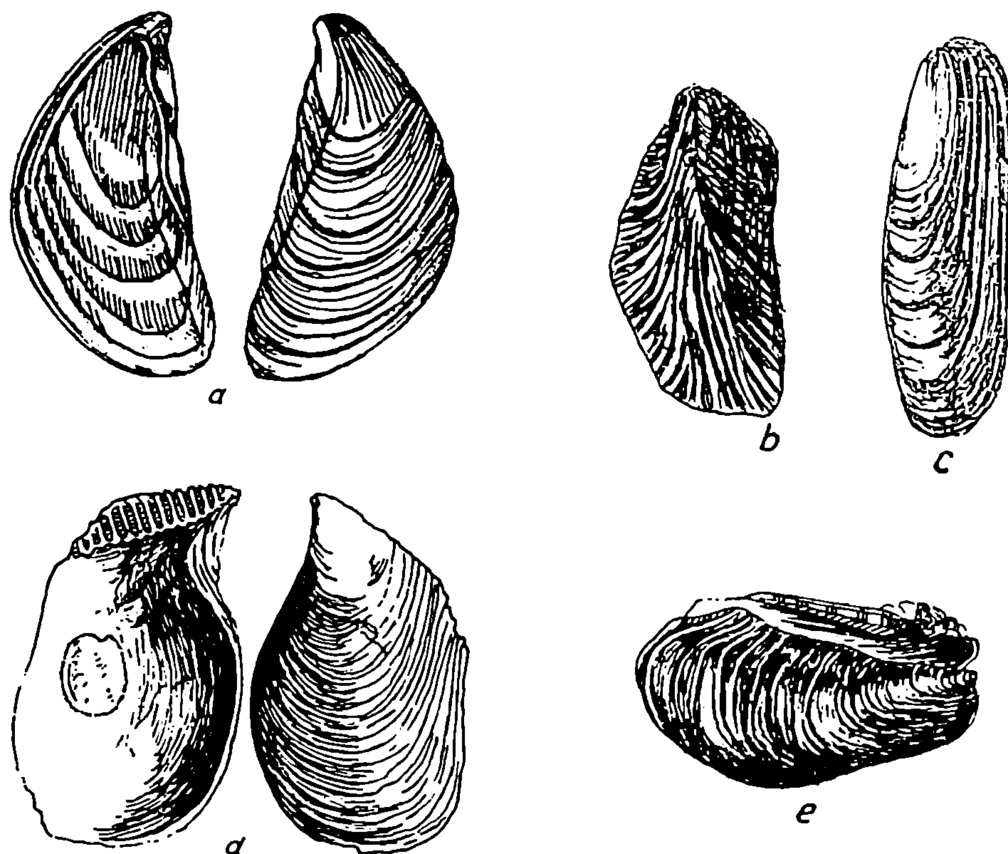
Két teknője egymás között szimmetrikus, egy-egy teknőnek azonban nincs szimmetria síkja, a búb egészen előretolódott (62. ábra, *a*). A sótartalom megváltozásával szemben nem érzékeny, ún. *euryhalin* szervezet (szemben a sótartalomváltozást nem bíró *stenohalin* szervezetekkel). Így a csökkentsós vizű tengerekben, mint amilyen pl. a Keleti-tenger is, nagy tömegben fordul elő. Érdekes, hogy ha apály idején szárazra kerül, órákon keresztül életben marad, mert szorosan zárt teknői között megmarad annyi tengervíz, amennyi néhány órán át még elég a gázcserére. A *Mytilus* nemzetség első képviselői a triászban jelentek meg, s az azóta eltelt mintegy 200 millió év alatt sem sokat változtak.

A közeli rokon *Modiolus* nemzetség egyik képviselője, a *Modiolus corrugatus* (62. ábra, *b*) hazai eocén barna kőszén-telepes üledékeink könnyen felismerhető, a bányászoktól is gyakran gyűjtött alakja.

Ugyanebbe az alrendbe sorolják a datolyakagyló *(Lithodomus lithophaga)* nevű fúrókagylót (62. ábra, *c*). Ennek a kemény kőzetbe fúró kagylónak alakja valóban nagyon hasonlít a datolyára: elöl — hátul lekerekített s felülete is csaknem egészen sima. Hogyan fúr hát akkor ez a kagyló? A datolyakagyló a vegyi úton maró kagyló sorába tartozik. A vegyi hatást valószínűleg az a szénsav fejti ki, amely a lélegzés következtében a köpeny felületén válik ki. Mások szerint a köpeny peremében apró kovatestecskék vannak, amelyek lehetővé teszik, hogy szénsavban nem oldódó, kemény kőzetekbe is befurakodhassék. Külön érdekessége a *Lithodomus*nak, hogy hiányzik az a többi fúró-szervezetnél meglévő érzékenység, amely meggátolja abban, hogy más fúrójáratokba befúrjon. Ezt az érzékenységet thigmotaxisnak nevezik, s alapjában véve a fúró-szervezetek legtöbbjén felismerhető. Egyik barnakőszén-telepünk fölött szintén fúró-szervezet építményeit látjuk. Ugyancsak sok nyom van, de ezek egymást sohasem metszik, mert az ismeretlen fúrószervezetek thigmotaxisa kitűnően működött!

A *Mytilus*-félék alrendjébe tartozik a *Perna*-félék családja is. A fejlődés új szakaszát, a környezethez való alkalmazkodásnak és ezzel kapcsolatosan az életmód-

beli kérdések megoldásának új alaktani bélyegekkel történő reakcióját figyelhetjük meg ezen alakoknál. A teknő gyöngyházrétege jól fejlett, vastag. A teknő belsejében már csak egy izombenyomat van. Ez a teknő közepe felé tolódott és aránylag nagy. A jelentős mozzanat azonban a zárban figyelhető meg. A záros perem hosszú és egyenes, fogak nincsenek rajta (hiszen a *Dysodonta* rendbe tartoznak az alakok),



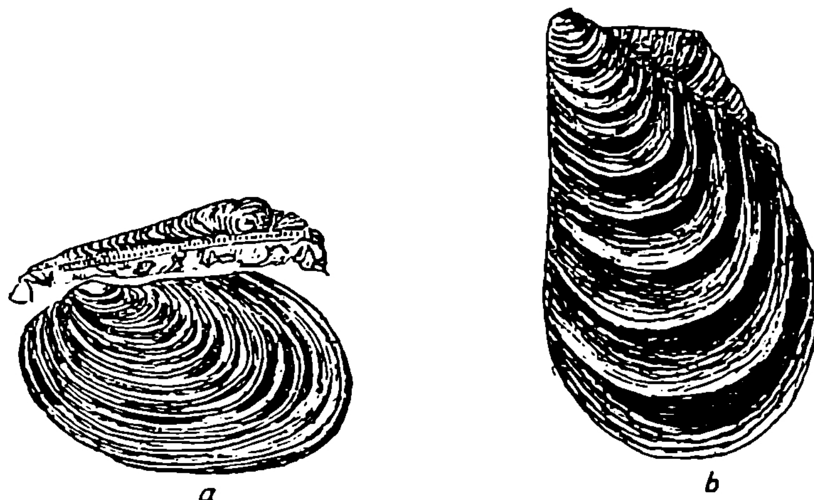
62. ábra. A Mytilus *és rokonai* — a = Mytilus *teknő belülről és kívülről;* b = *a* Modiolus corrugatus *teknője kívülről;* c = *a datolya kagyló (Lithodomus) teknője kívülről;* d = Perna *(helyesebb nevén* Isognomon) *teknője belülről és kívülről, jól látható a zárszerkezet sajátságos kifejlődése;* e = Gervilleia — *a két teknő egymáshoz viszonyítva kissé elcsúsztatva, hogy a bal teknő záros pereme látható legyen* (M. Hörnes, Szőts E. *és* Zittel *nyomán)*

de a záros perem részekre tagolt, durván rovátkolt, aminek az a következménye, hogy a belső sarokpánt is szakaszos kifejlődésűvé lesz. A vastag, rostos részek kitöltik a rovátkák helyét, míg a többi, vékony, lemezesen kialakult része a záros perem két oldala között húzódik végig, ott, ahol nincsenek árkok a rovátkolás következtében (62. ábra, *d*). A Pernák családja a perm végén jelenik meg a földtörténet folyamán s alakjai mindmáig élnek. Vannak köztük földtörténeti korjelzés szempontjából is fontos alakok. Ilyenek a *Gervilleia* nemzetség (62. ábra, *e*) képviselői, amelyek a triásztól a krétáig éltek, s főleg a triász egyes szakaszaira igen jellemzők.

Ugyancsak a triászban alakult ki maga a *Perna* nemzetség is (62. ábra, *d*). Ez nálunk is helyenként egész padokat alkot. A Perna név körül elég sok a nevezéktani zavar. *Pedalion* és *Isognomon* néven is emlegetik.

Végül e család egy fontos nemzetségéről szeretnénk megemlékezni, a krétára annyira jellemző *Inoceramus* nemzetségről. Első alakjait már a jura időszak elejéről

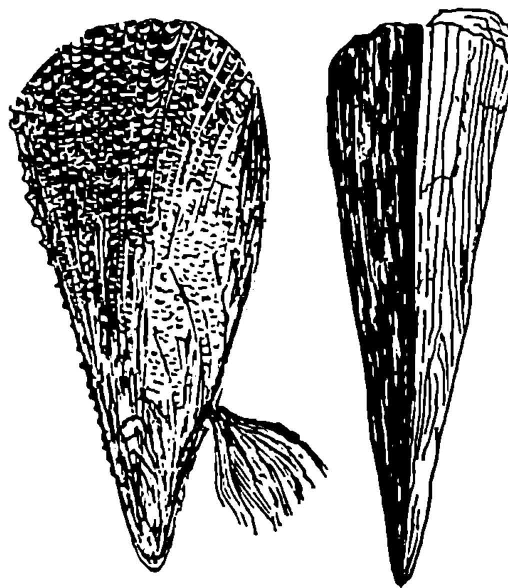
ismerjük, fontos szintjelző szerepük azonban a felső krétára korlátozódik. A záros perem tagoltsága az *Inoceramus*oknál inkább csak hullámvonalszerű, semmint éles. Még egy nevezetessége is van ennek a nemzetségnek: a fosszilis kagylók legnagyobb példányai ugyancsak soraiból kerülnek ki. Változatos alakjaik néhány képviselőjét a 63. ábrán láthatjuk. Az Inoceramus-teknő egyik érdekessége, hogy oszlopos rétege



63. ábra. A kréta időszaki Inoceramus *nemzetség két képviselője:* a = Inoceramus cripsi, b = Inoceramus lamarcki (Zittel *és* A. H. Müller *nyomán)*

több oszlopsorból épül föl, s néha a teknők úgy mennek tönkre, hogy az egyes oszlop-rétegek külön-külön lemezekké hullanak szét.

A *Dysodonta* vagy fognélküli zár-típust képviselő rend egyik további alrendjét a devontól máig élő sonkakagylók *(Pinnacea)* alkotják. Búbuk erősen előretolódott, a két teknő hátul kisebb mértékben rendszerint tátong. A megnyúlt teknő hossza néha az 1 m-t is eléri. A teknők többnyire vékonyak, bár vannak olyan alakok is, amelyeknek prizmás része több rétegből áll, s ezeken is megfigyelhetjük az egyes rétegekre történő széthullást. A sonkakagyló-féléknek két egyenlőtlenül fejlett izma van, búbi részükkel az iszapba fúródnak, bisszusz fonallal rögzítik magukat. Sokszor az ősmaradványként előkerült példányok is az eredeti helyzetben találhatók. S végül hadd említsük meg ennek a nem nagyon formagazdag alrendnek a fejlődés szempontjából egyik legérdekesebb sajátosságát: a *Dysodonták* eddig ismertetett alrendjével szemben ezeknél már a lemezes kopoltyúval találkozunk. Így tehát az eddigiekkel szemben kétségtelenül magasabb törzsfejlődési állapotot képviselnek. Egy élő és egy fosszilis alakjukat a 64. ábra tünteti föl.



64. ábra. A Pinna *ma is élő alakja és fosszilis példánya* (A. H. Müller *nyomán)*

Az osztriga-félék alrendjébe *(Ostreacea)* általában vastaghéjú, egyizmú, helyhezkötött életmódot folytató, és — mint a sonkakagylók

— ugyancsak lemezes kopoltyús fognélküli *(Dysodonta)* kagylók tartoznak. A földtörténeti középkor elejétől élnek s még gazdasági jelentőségük is van, amint már utaltunk arra.

A *Pecten*-félékkel ellentétben az osztriga a bal teknőjével fekszik a tengerfenéken. Következésképpen ez az erősebben fejlett, domború, míg a jobb oldali a laposabb, vékonyabb fedő teknő. Bizonyosfokú sótartalom-csökkenést az osztrigák elviselnek. Igen gyakran fordulnak elő tömegesen, nemritkán padokat alkotva. Egyik kitűnő rendszerezőjük a szovjet *Vialov*, aki nálunk is már több alkalommal megfordult.



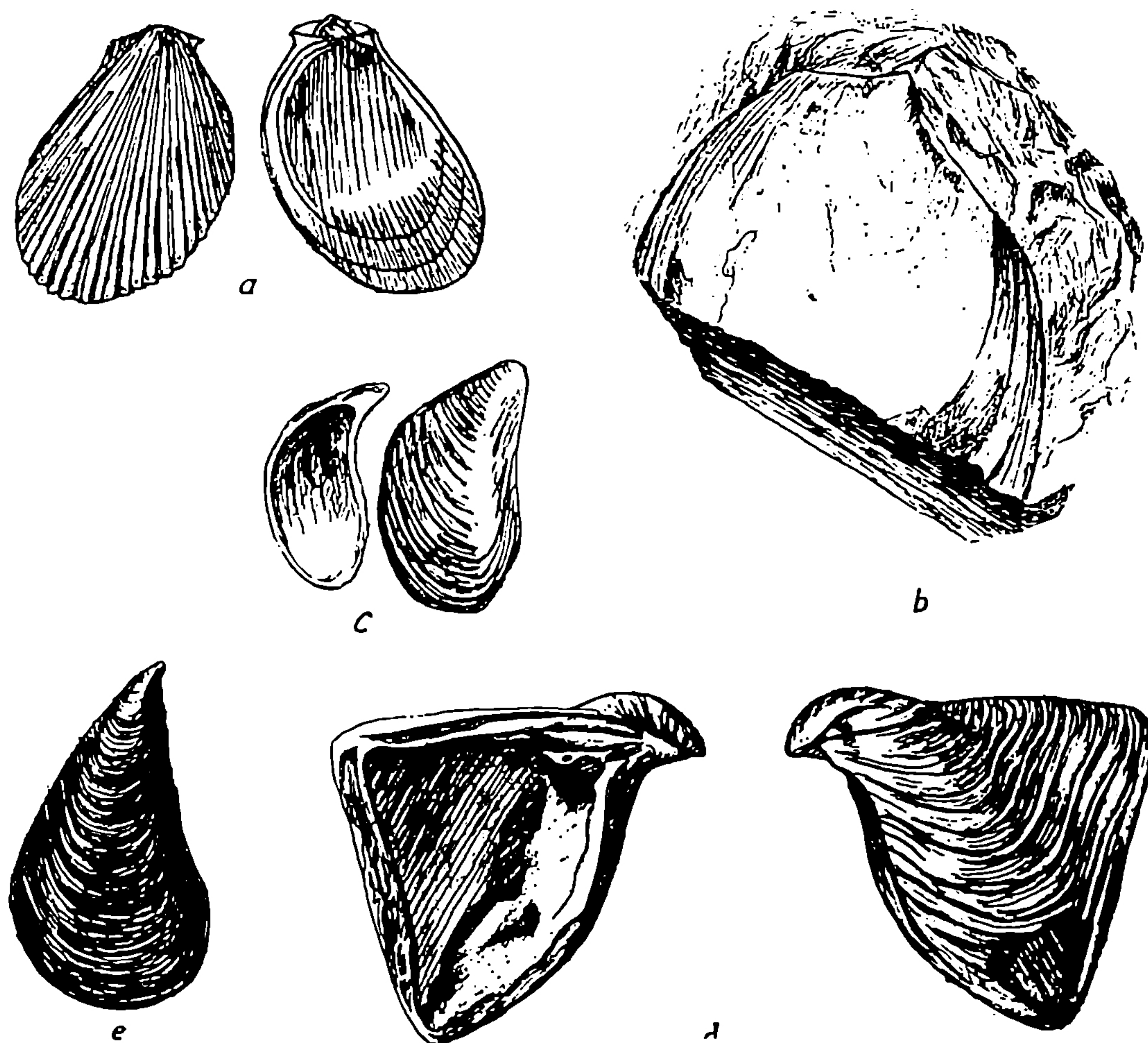
65. ábra. Az osztriga és rokonsága — a = *osztriga-teknő belülről és* b = *kívülről;* c = Lopha; d = Exogyra *teknője belülről és kívülről* (A. H. Müller *és* Zittel *nyomán)*

Az *Ostreaceák* sorába az osztriga *(Ostrea)* nemzetségen kívül még sok más nemzetség is tartozik. Maga az *Ostrea* (65. ábra, *a* és *b*) sokszor fél méteres hosszúságot is elér hazai miocén üledékeinkben. A *Gryphaea* (46. ábra) egyik faja, a *Gryphaea obliqua* a mecseki liászkori széntelepes sorozatban nagy mennyiségben jelentkezik. A budavidéki oligocénkori ún. kiscelli agyagban a *Gryphaea brongniarti* található. A *Lopha* (régebbi nevén: *Alectryonia*; 65. ábra, *c*) roppant jellegzetes, könnyen felismerhető, mert teknője szögletesen redőzött. Bár a legfelső triásztól máig él, főleg a kréta időszaki üledékekben gyakori. Szinte csigaházszerűen csavarodott búbja van az *Exogyra* nemzetségnek (65. ábra, *d*), mely szintén főleg a krétára jellemző és nem is lépi túl a kréta határát.

Az osztriga-féléket általában a sonkakagyló-félékből származtatják. Ugyancsak sonkakagylókra vezetik vissza a *Dysodonta* rend egy további alrendjét is, amelyet

Lima-féléknek neveznek *(Limacea)*. Többnyire szabadon mozgó alakok (66. ábra, *a*), de van olyan fajuk is, amely bisszusz fonalaiból fészket épít magának. A *Lima szabói* (66. ábra *b*) fajt *Szabó* Józsefről, az első nagy magyar geológusról nevezte el *Gaál* István (1877—1957), a magyar földtani és őslénytani tudományágak egyik legszélesebb skálájú művelője.

A *Lima*-félék természetesen lemezes kopoltyúsok, s ilyenek a földtörténeti újkor folyamán valószínűleg ezekből kialakult *Dreissena*-félék *(Dreissenacea)* is.



66. ábra. Lima-*félék és leszármazottaik* — a = Lima *teknője kívülről és belülről;* b = Lima *szabói;* c = *folyami vándorkagyló, a* Dreissena *teknője belülről és kívülről;* d = *a balatoni kecskeköröm teknője belülről és kívülről;* e = *a kecskeköröm egyik rokona, a* Congeria spathulata (M. Hörnes, Hofmann K., A. H. Müller *és* Vitális I. *nyomán)*

Egyik jól ismert alakjuk a vándorkagyló, amely a Balatonban is igen közönséges és bizony sok fürdőző talpsérüléséért volna felelősségre vonható. A század elején a Balatonban még ismeretlen volt, de azóta hihetetlenül elszaporodott (66. ábra, *c*). S ennek a közvetlen rokonságába tartozik a *Congeria ungula caprae* (66. ábra, *d*) is. Ez a hosszú latin név a mindnyájunk által jól ismert balatoni kecskeköröm tudományos neve. A kecskekörömnek tehát sem a kecskéhez, sem a körömhöz nincsen köze.

Sajnálnám, ha illúziókat kellene rombolnunk a kecskekörömmel kapcsolatban. Olyan megindító és szép históriák forognak közszájon prózában és versben hol a kegyetlen királykisasszonyról, hol pedig a bűbájos tündérkéről, akinek kecskéi a Balatonba vesztek, hogy nekem magamnak is rosszul esik, amikor a romantikus és költői magyarázat helyett egyszerűen kijelentem: a balatoni kecskeköröm nem más, mint a kagylók *Dysodonta* rend, *Dreissenacea* alrend, *Congeria* nemzetség egyik fajának teknője. S főleg azok a példányok az igazi kecskekörmök, amelyek annyira kopottak, hogy nagyobbrészt már csak vastag s így ellenállóbb búb körüli részeik maradtak meg.

A *Congeria* lemezes kopoltyús, két egyenlőtlen izmú, erősen csökkentsós vizek lakója; első alakjai az eocénból ismeretesek, s hazai pannóniai rétegeinkben óriási változatosságban és mennyiségben, szintjelzően fordulnak elő. A fajok végtelenül nagy számából itt csak néhány jellemző alakot mutatunk be (66. ábra, *e*).

A kecskekörömmel azután zárul is rendszerünkben a kagylók első alosztálya, amely mint láttuk, nagy formagazdagságban bontakoztatta ki előttünk a kagylók törzsfejlődésének első nagy fejezetét!

Nézzük meg most a másik alosztályt (*Teleodesmacea*), amelynek tagjait a gyöngyházréteg nagymértékű visszafejlődése ill. hiánya jellemzi. Ebben is ismét több rendet különböztetünk meg, amelyek túlnyomó-részt lemezes, egy kisebb csoportjuk pedig rekeszes kopoltyús. A ma is élő kagylófajok nagyobb része ide tartozik.

Ennek a „nagyobb rész"-nek viszont mintegy a felét vonhatjuk össze a *Heterodonta* rendbe. Mint a név mutatja, ide az eltérő fogú zártípussal rendelkező kagylók tartoznak. Természetesen lemezes kopoltyújuk és két, nagyjából egyenlő izmuk van. Teknőik rendszerint egyenlőek, ritkán egyenlő oldalúak. Az ide tartozó kagylók többnyire szabadon mozognak, kisebb részük az iszapba ássa magát. Soraikban vannak ép és beöblösödő köpenyvonalú alakok.

Miután nagyon formagazdag csoporttal van dolgunk, csak néhány típusukat mutatjuk be anélkül, hogy a részletesebb törzsfejlődési vagy rendszertani összefüggéseket kihangsúlyoznánk.

Ép köpenyvonalú, vastag, erős teknőjű — mint neve is mutatja — a *Crassatella* (67. ábra, *a*), amely fosszilisan főleg az eocénban gyakori. Teknői kívül simák. Ezzel szemben erős bordák födik a *Cardita* felületét (67. ábra, *b*). A *Cyprina* (67. ábra,*c*) főleg a hűvösebb tengerek lakója s így nálunk az oligocénra jellemző, amikor a mai Magyarország területét a mai Földközi-tenger őse, a *Tethys* vize úgy borította el, hogy egy csatornán keresztül az Északi-tengerrel is kapcsolatban állott. Ez nyújtott lehetőséget arra, hogy területünkön is megjelenhessenek északi, azaz boreális fajok.

Nagy formagazdagságával tűnik ki a főleg kerekded körvonalú alakokat magában foglaló *Lucina* nemzetség (67. ábra, *d*, *e*). Felületét körkörös díszítés födi.

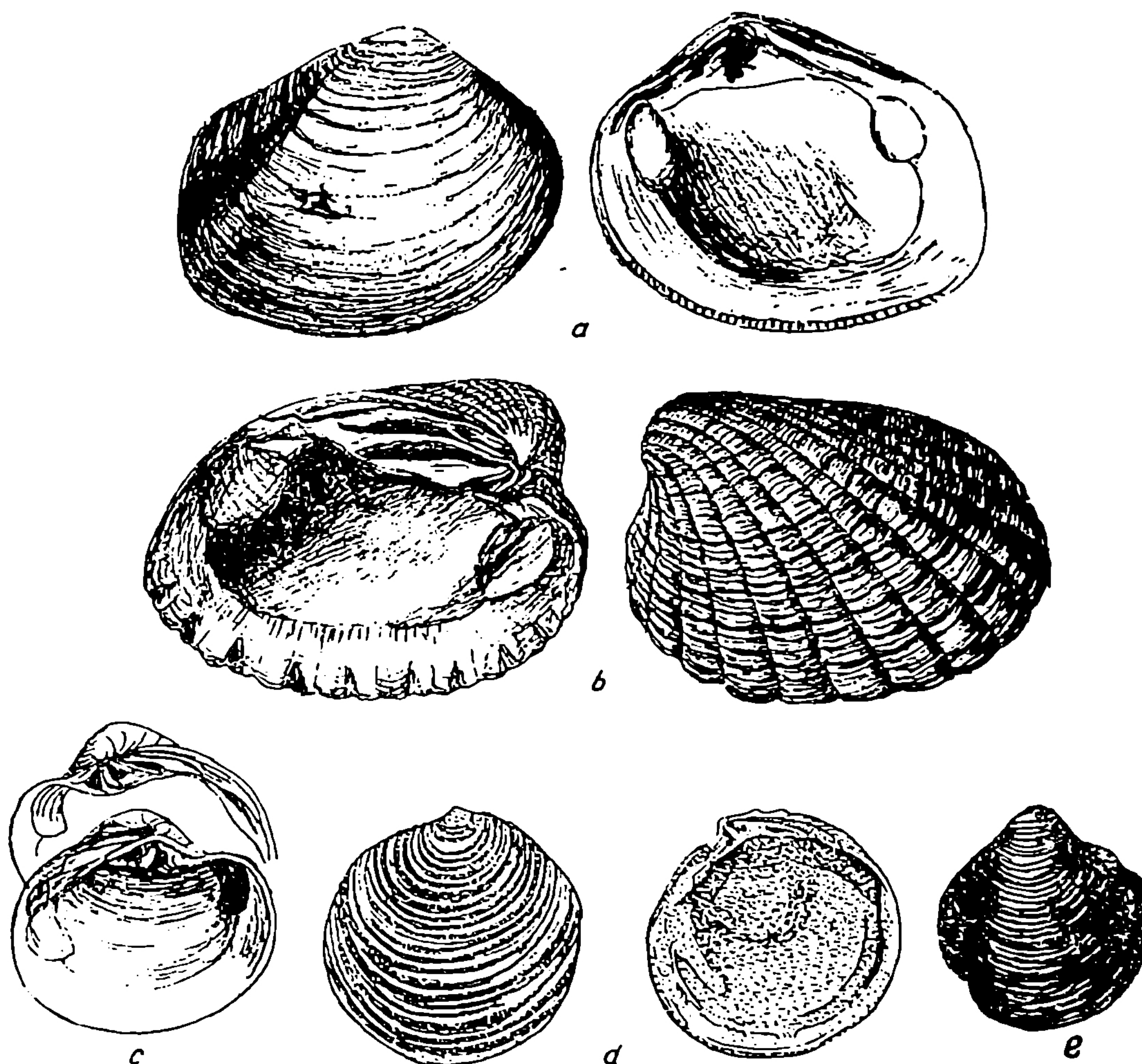
Az ugyancsak számos alakot tartalmazó *Cardium* nemzetség (68. ábra, *a*) felületét bordák díszítik. A csökkent sótartalmú vízben is megél, sőt egyes alakjai az édes-, vagy majdnem édesvízbe is bevándoroltak, s zárszerkezetükben is átalakulva a *Limnocardium* (68. ábra, *b*, *c*) nemzetséget képviselik. Ez a pannóniai üledékekben nálunk is nagy változatosságban és mennyiségben fordul elő.

Vékony teknői vannak az iszapba ásó életmódot folytató *Tellina* (68. ábra, *d*) nemzetségnek. Köpenyöble mély.

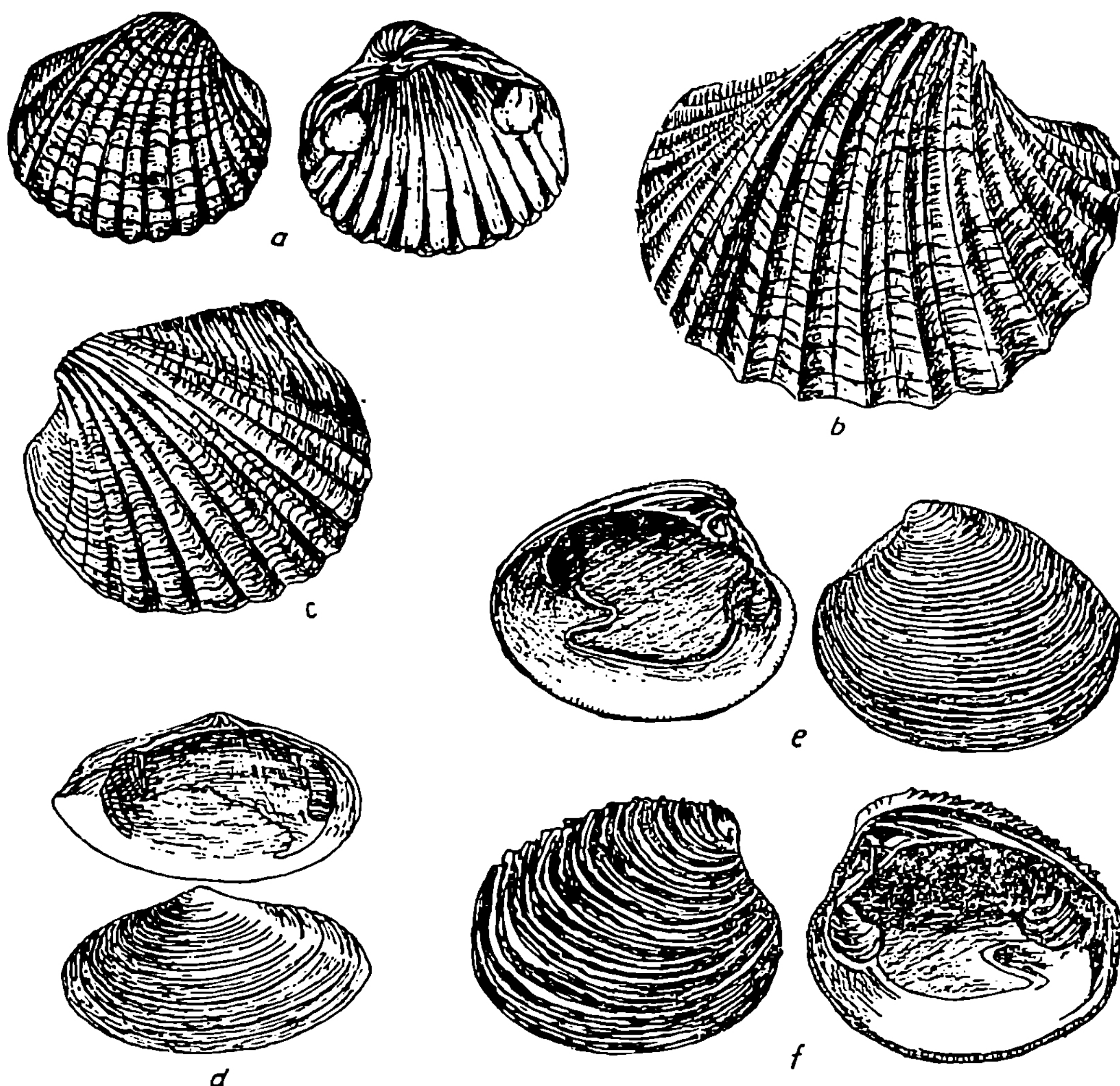
Sekély köpenyöble van a *Venus* (68. ábra, *e—f*) sok-sok alakjának. Ennek a nemzetségnek mintegy 400 faját ismerjük, a fele ezeknek csak fosszilisan került elő, a többi ma is élő. A *Venus* a jurától kezdve ismeretes.

Most pedig beszéljünk megint egy kicsit bővebben a kagylóknak arról a csoportjáról, amelyhez szintén fűződik monda. Amikor a kagylók osztályát kezdtük megis-

merni, szó volt arról, hogy az ez ideig ismert legrégibb, kb. 200 millió éves igazgyöngy nyoma a Vértes-hegység fejnagyságú kagylóján ötlött *Kutassy* Endre szemébe. Ezek a nagy termetű alakok persze máshol is előfordulnak. Vannak kisebb rokonaik is. Nagyon sok kerül elő ezekből a kagylókból az ausztriai festői szépségű Dachstein-hegy mészkő-képződményeiben. Felső triászbeli tengeri mészkövek ezek, amelyeket éppen itteni előfordulásuk miatt a földtani irodalom dachsteini mészkő néven tart számon. Ennek a mészkőnek a felületén gyakran találhatók ennek a kagylónak a keresztmetszetei. Miután ezek nagyon emlékeztetnek a szarvasmarhák lábnyomára, az ottani népi szóhasználatban *Kuhtritt*, azaz tehénnyom néven ismeretesek. A hegyi lakók sokszor dús fantáziája azután még másféle elképzeléseket is fűz ezekhez a nyomokhoz. Sokszor a „borzalmas vadász", máskor meg azoknak a vad-asszonyoknak a lábnyomát vélik a kagyló keresztmetszeteiben fölfedezni, amelyeknek még nem emberi, hanem állati lábuk volt. Már igazán csak egy kis lépés választ el attól, hogy patával s hosszú farokkal ellátott ördög nyomának tulajdonítsuk e nyomokat.



67. ábra. Heterodont zárú kagylók néhány képviselője — a = Crassatella *teknője kívülről és belülről;* b = Cardita jouanetti *teknője kívülről és belülről;* c = Cyprina *bal teknője belülről, a jobb teknő záros peremével;* d—e = *a* Lucina *nemzetség két képviselője, a* Lucina concentrica *(teknő kívülről és belülről) és a* Lucina columbella (A. H. Müller, M. Hörnes *és* Zittel *nyomán)*



68. ábra. Heterodont zárú kagylók egy másik csoportja — a = Cardium *teknője kívülről és belülről;* b = *a* Limnocardium zagrabiense; c = Limnocardium haueri; d = Tellina *teknője belülről és kívülről;* e = Venus haidingeri *teknője belülről és kívülről;* f = Venus plicata *teknője kívülről és belülről* (M. Hörnes, S. Brusina *és* K. Zittel *nyomán)*

Íme, ez a példa is élénken mutatja, hogy a babona még az ősmaradványokat is felhasználja céljaira ! Arra vonatkozóan, hogy a tehénnyomok, a „borzalmas vadász" és a többi babonaszülte alak léptének nyoma hogyan került a mészkőbe — a babonás fantázia ismét különböző történeteket talált ki.

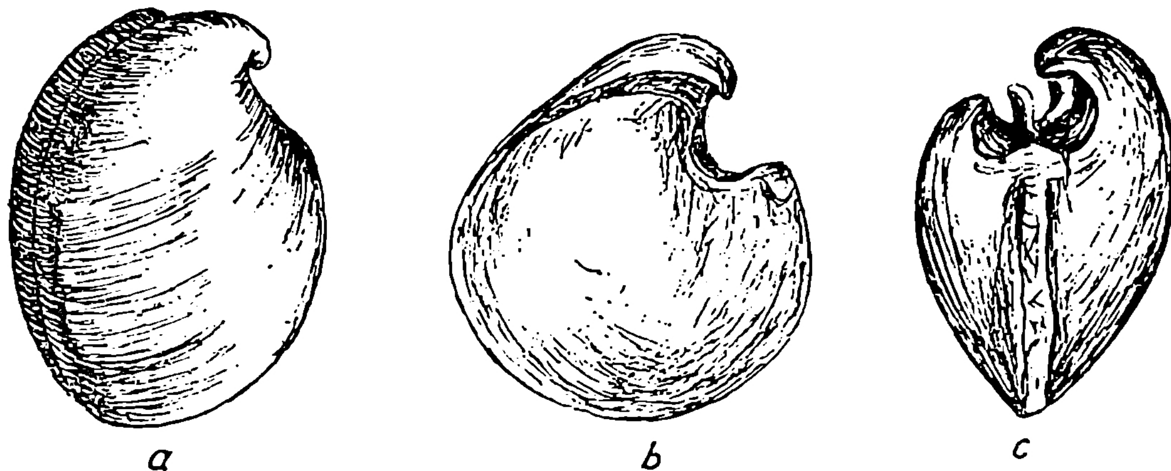
Mi azonban jól tudjuk, hogy itt egyszerűen a *Megalodus*, a *Lycodus*, a *Conchodus* és más kagylók keresztmetszeteivel van dolgunk. Sajnos, az ősvilági élet kutatója számára is éppen elég sok nehézséget jelentenek ezek a kagylók.

Általában nagy termetűek, teknőjük vastag. Vannak köztük olyanok, amelyeknek a két búbja többé-kevésbé egyforma, de vannak különböző nagyságú búbbal bíró alakjaik is. A búb alatt mindkét teknőben 1—3 főfog található, néha pedig 1—1 mellső és hátsó oldali fog is látható.

A zavar ezekkel az alakokkal kapcsolatban az őslénytan számára ott kezdődik,

hogy ilyen kagylók már a devonból is ismeretesek. Ezeket *Megalodon*nak nevezték el. A karbon és perm időszakból, tehát mintegy 80 millió éven keresztül, azután sehonnan sem kerülnek elő nyomaik. Pedig partközelben képződött mészkövek ezekből az időszakokból ismeretesek, de mindmáig csak *Megalodon*ok nélkül. A triász vége felé azután ismét megjelennek, sőt, helyenként valósággal kőzetalkotó mennyiségben.

A triászbelieknek a devonkoriaktól való megkülönböztetése végett, ezeket elnevezték *Megalodus*nak. A két név azonban elég sok zűrzavarra adott alkalmat, és



69. ábra. Devonkori Megalodon (a), *és triászbeli* Megalodus *kőbele oldalról* (b), *és kettős teknője hátulról* (c) *nézve* (Zittel *és* F. Frech *nyomán)*

sokféle szempontból kifogásolható. Ezért a devon időszaki formákra egy időben az *Eomegalodon*, a triászból származókra pedig a *Neomegalodon* nevet alkalmazták.

Tény az, hogy egymáshoz nagyon hasonló, minden fő vonásukban megegyező alakok 80 milliós évkülönbséggel jelentkeznek (69. ábra).

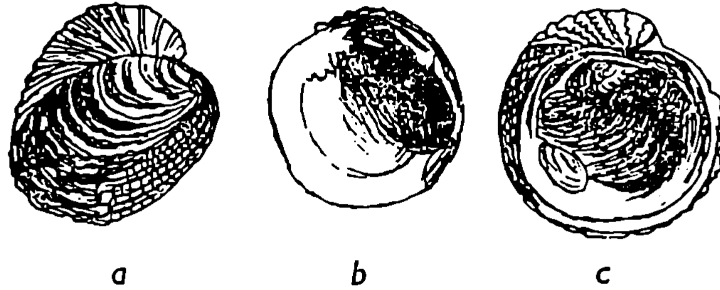
Erre a jelenségre meg kell találnunk a helyes magyarázatot. Nos, a legáltalánosabban azt a nézetet fogadták el az őséletbúvárok, hogy a triászbeliek nem közvetlen leszármazottai a devonban talált alakoknak, hanem csak a hasonló életmód és hasonló környezet hatására kialakult, ún. *konvergens* alakokról van szó. Konvergens fejlődéssel máshol is találkozunk, s így ezt a gondolatot elfogadhatjuk erre a két, egymástól hosszabb idővel elválasztott, földtörténeti időszakban megjelent csoportra is. Természetesen, emellett rokonság mégiscsak van közöttük olyan értelemben, hogy valószínűleg valamilyen közös ősi alakból kell mindkét csoportot származtatnunk. S így most már nem is helyes, ha konvergens fejlődésről beszélünk, mert ez a fogalom rendszertanilag egymástól távol álló alakok külső alaki hasonlóságára vonatkozik. A jelen esetben hasonló alakúságról, azaz műszóval *homöomorfiá*ról van szó.

S most még beszélnünk kell a *Megalodus*ok rendszertani helyéről. Tekintettel arra, hogy egész rokonságuk kipusztult a jura elején, lágy részeikről, kopoltyúalkotásukról nem alkothatunk magunknak képet. Miután a búb alatti fogak nagyok — ezeket a kagylókat is a már emlegetett durványos zárúak *(Pachyodonta)* közé sorolják. Persze fogaik kialakulása eltér attól a képtől, amelyet a zárak rövid jellemzésénél ezzel a fogtípussal kapcsolatban említettünk, mert hiszen ott azt olvashatjuk, hogy az egyik teknőben nagy fogak, a másikban azonban ennek megfelelően csak fogmedrek vannak. A *Megalodus*ok esetében azonban ez nem áll, mert mint láttuk, ott mindkét teknőben találunk fogakat. Így most az újabb irodalom a *Heterodonta* renddel

hozza közelebbi kapcsolatba ezeket a sajátságos kagylókat, s ha fenntartással is — ezek soraiba helyezi őket.

A *Megalodon* és *Megalodus*, vagy ha úgy tetszik: az *Eomegalodon* és *Neomegalodon* esete megint azt példázza, hogy a kagylók osztályában is olyan izgalmas problémákat vet fel sokszor az ősmaradvány-anyag, amelyek mind a származástani kapcsolatok, mind pedig a rokonsági összefüggések és életmódbeli viszonyok tekintetében egyaránt az ősvilági élet kulcskérdéseire vetik érdeklődésünk fénycsóváját.

Gondoljunk csak azokra a példákra, amelyeket már többször emlegettünk: a *Latimeria* és a *Neopilina* esetére, ahol az új leletek 80 millió évnél is jóval hosszabb időt hidaltak át. A *Megalodus*oknál ilyen áthidalás aligha fog bekövetkezni, és az egész kérdéssorozat éppen ezért talán még figyelemre méltóbb és elgondolkoztatóbb!

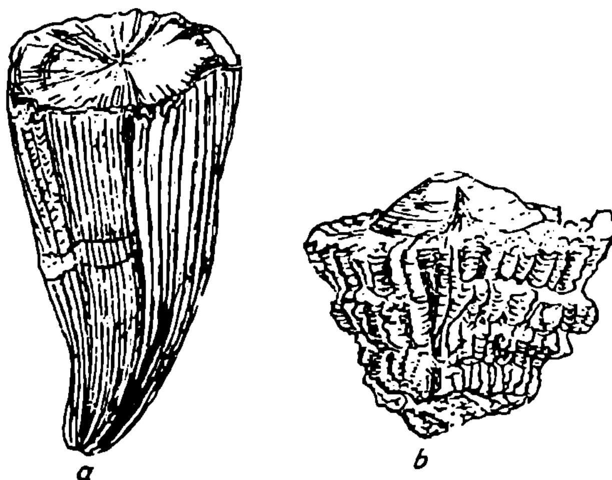


70. ábra. Chama squamosa — a = *kettős teknő;* b = *jobb,* c = *bal teknő belülről* (Zittel *nyomán)*

A *Heterodonta* kagylókból származtatják általában azon alakokat, amelyeket a durványos zár jellemez. Csak későn jelennek meg a földtörténet folyamán, a középkor közepe táján, s egyik legmesszebbmenően specializált csoportjuk a földtörténeti középkor végén már ki is halt. Közös sajátsága a *Pachyodonta* rend minden tagjának, hogy helyhezkötött életmódúak, s általában „nyájban" élők, kétizmúak.

Ennek a rendnek is két alrendjét különböztetik meg. Az egyik *(Chama*-félék) aránylag csak kevéssé tér el kezdetben attól a csoporttól, amelyből származtatjuk. Ha azonban néhány képviselőjükön végigtekintünk, mindjárt szembetűnik a fejlődésnek az az iránya, hogy a búb becsavarodásával a kagyló alakja mindinkább csigához hasonlóvá váljék. Emellett a két teknő is egyre kevésbé lesz egymás tükörképe (70. ábra). Az erősen módosult alakok a földtörténet folyamán sorra kihaltak, egyedül a *Chama* él ma is, amely az eltérő fogú ősökhöz való hasonlatosságot még leginkább megőrizte. A *Megalodus*-féléket is ezekkel hozták régebben kapcsolatba.

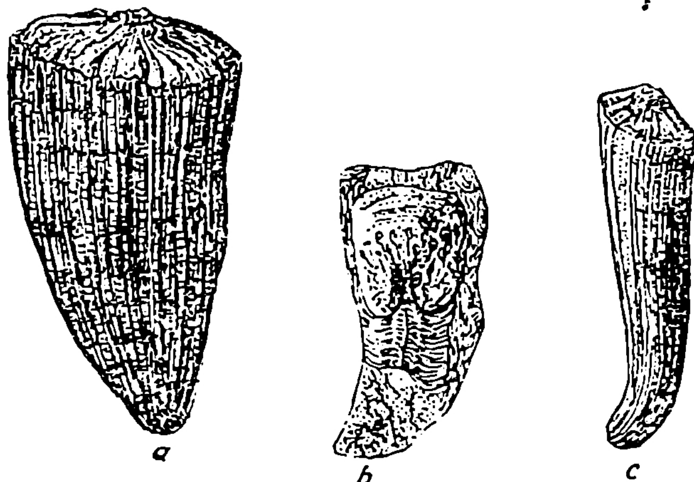
A másik alrend *(Rudisták)* azután már egészen sajátságosan alkalmazkodott alakokat foglal magában. Jobb oldali teknőjük (71. ábra) tülökszerű, erősen megvastagodott falú, s csúcsával a fenékhez nőtt. A bal viszont csak fedőteknő, amely egyáltalában nem hasonlít a másik teknőhöz: ezek az alakok tehát szélsőségesen egyenlőtlen teknőjűek. A



71. ábra. A Rudista *kagylók két képviselője.* — a = Radiolites, b = Sphaerulites (Zittel *nyomán)*

kréta melegvízű tengereiben éltek, tömegesen, sekély vízben, a partok közelében. Sok fajuk kitűnő szintjelző a krétában, amelynek végével ez a jellegzetes állatcsoport is kihal.

A *Rudistákkal* kapcsolatban újra elővehetjük a konvergencia kérdését. Ezekhez nagyon hasonló alakúak bizonyos perm időszaki pörgekarúak, amelyeknek a pörgekarúakhoz való tartozását csak igen hosszú vizsgálatokkal sikerült kimutatni. De külső megjelenésében nagyon hasonlít ezekhez a kagylókhoz a kacslábú rákok néhány képviselője is. A hasonlóság olyan nagy, hogy a múlt század vége felé a zágrábi egyetem akkori professzora, a híres *Gorjanovič-Kramberger*, aki a krapinai ősember-leletet is felfedezte, ezeket a kacslábú rákmaradványokat először mint újharmad időszaki *Rudista* kagylókat írta le (72. ábra).



72. ábra. A konvergencia egyik legszebb példája a Rudista *kagylók közé tartozó* Hippurites (a), *a pörgekarúak közé tartozó* Richthofenia (b), *és a kacslábú rákok közé tartozó* Pyrgoma (c) *külső alaki hasonlósága* (A. H. Müller, Zittel *és* Telegdi—Roth *nyomán)*

Itt már valóban helyes konvergens fejlődésről beszélnünk, mert hiszen három külön állattörzsbe tartozó állat hasonlóságáról van szó. Olyanokról tehát, amelyek egymással már nem állanak rokoni kapcsolatban, de külső megjelenésükben roppant nagyfokú hasonlóság állapítható meg.

A könyvünkben követett rendszer szerint a kagylók osztályának utolsó rendjét *Desmodonta* néven foglaljuk össze. Ide azok a kagylók tartoznak, amelyeknek a belső sarokpántja rendszerint kanálkaszerű képződményben található. Ez a jelleg már elárulja életmódjukat is, amint arra emlékszünk a zárral kapcsolatban elmondottakról. Fúró vagy legalábbis iszapba ásó kagylókról van szó. Meglehetősen eltérő jellegeket figyelhetünk meg különböző típusaikon, de egy vonásban mind megegyezik: lemezes kopoltyújuk van. Illetőleg még ebben a bélyegben sem egyeznek meg mind: egy kisebb csoportjuk *(Poromyacea)* ismeretes, amelynél a kopoltyúk rekeszesek. A kagylók között ez az egyetlen csoport ezzel a kopoltyútípussal.

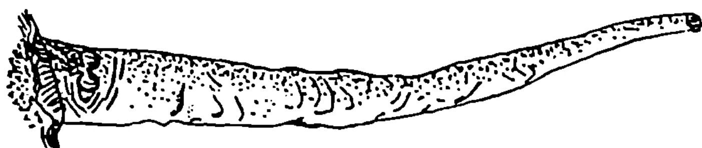
Egyebek közt általános a felfogás az ősmaradvány-anyag alapján, hogy a kanalasfogúak ugyancsak az eltérő fogúakból alakultak ki, sőt a rekeszes kopoltyú is a lemezesből származtatható.

Ha visszaidézzük a *Heterodonta* rend roppant nagy változatosságát, akkor természetesen már azon sem csodálkozhatunk, hogy a kanalasfogúak csoportja is egymástól elütő alakokat foglal egybe. Annyit jelent ez, hogy a *Heterodonták* több alakköre is fokozatosan az ásó és fúró életmódra tért át, s ily módon, minthogy a kiindulás többféle alakból történt, természetesen az egyes származási vonalak is egymástól eltérőek.

Ennek a rendnek az alakjai között igen sok olyan formával is találkozunk, amelyeknek a szifói rendkívül erősen fejlődtek ki, s a teknőbe legtöbbször nem is húzhatók vissza. Így alakulnak ki az ún. tátongó teknők. Minthogy pedig az iszapba ásott alakoknál a láb is sokszor állandóan a teknőn kívül van, gyakoriak az elöl is tátongó

teknők. Ez annyit jelent, hogyha az állat már el is pusztult, s két teknőjét összeillesztjük, akkor elöl is, hátul is rés marad a két teknőtél között, amelyeken az állat életében elöl a láb, hátul a szifók nyúltak ki.

A szifók megerősödésével kapcsolatban pedig szeretném még megemlíteni, hogy a szifókat közösen beborító köpenyrész néha el is meszesedhetik. Így alakulnak ki azok az alakok, amelyeknek szifói is megmaradnak fosszilisan. Roppant érdekes maradványok (73. ábra), mert ezek a teknők sokszor egészen kicsivé csenevészesednek el, és egészen rátapadnak az elmeszesedett (a teknőkhöz viszonyítva óriási) szifókra. A meszes cső mellső végén remekművű, ugyancsak meszes szűrőlemez található, amely megakadályozza a szennyeződésnek a szifóba jutását.

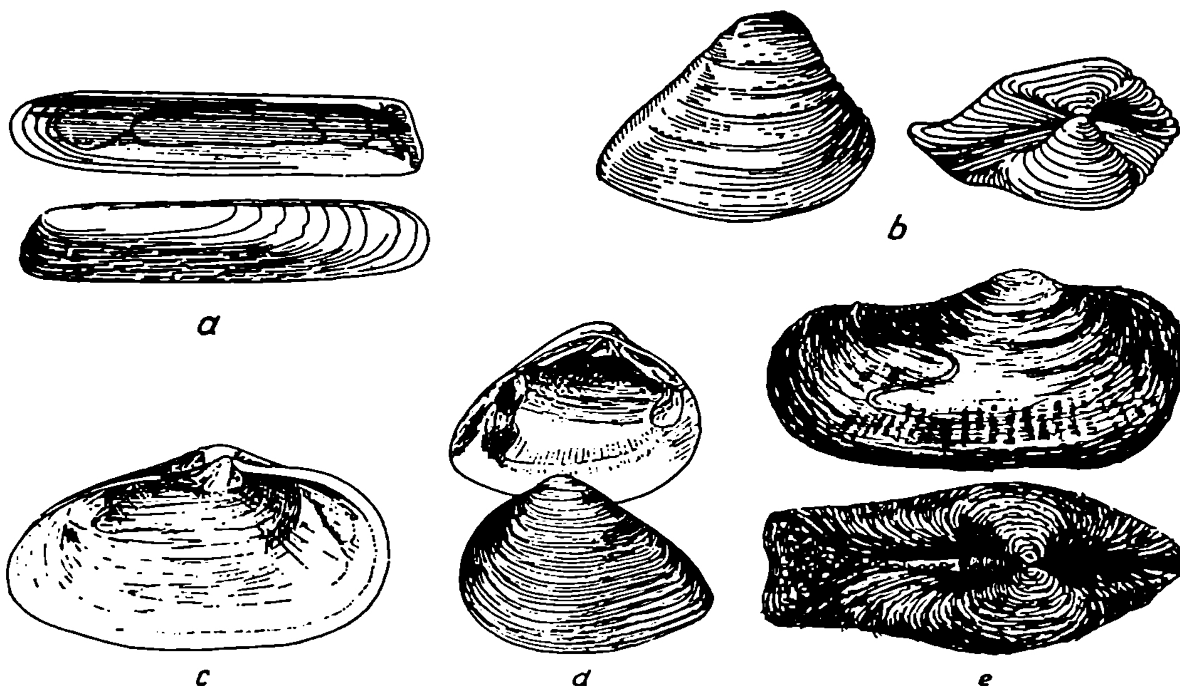


73. ábra. A Brechites *teknői elcsökevényesednek, szifója erősen megnő és elmeszesedik* (Merklin *nyomán)*

Ebből a rendből, amely tehát a kagylók törzsfejlődésének utolsó lépcsőjét jelzi, itt csak néhány alakkal ismerkedünk meg.

Rendkívül hosszúra nyúlt alak a kardhüvelyre emlékeztető *Ensis (ensis* latin szó, kardot jelent) (74 ábra, *a)*. Teknői nagyon vékonyak. Minthogy iszapba fúrtan él, nincs is szüksége a külvilág erőszakos behatásaival szemben a szilárdabb, vastagabb váz védelmére. Csak a paleontológus számára jelent sokszor nehézséget, hogy az igen vékony teknőket a kőzetanyagból épen szabadítsa ki.

Tág határok közötti sótartalom-változást tűr el az *Aloidis (Corbulá*nak, sőt *Varicorbulá*nak is nevezik). Ennek a nemzetségnek a jobb oldali teknője a nagyobb,



74. ábra. Kanalas fogú (desmodont-zárú) kagylók néhány képviselője — a = Ensis *teknője kívülről és belülről;* b = Aloidis *teknője kívülről és kettős teknő a búb felől;* c = *a hűvös tengerben ma is élő* Mya; d = Mactra *teknője kívülről és belülről;* e = Panopea *kőmagja a beöblösödő köpenyvonallal, és kettős teknő a búb felől nézve* (Zittel *és* Moore—Lalicker —Fischer *nyomán)*

s ennek oldalával fekszik az iszapra, amely csak kevéssé borítja be. Bal teknője úgy illik bele a jobba, mint doboz a doboz fedelébe (74. ábra, *b)*. Ez melegebb vízben él, míg a hátul lenyesett körvonalú és erősen tátongó *Mya* a hűvösebb tengerek lakója (74 ábra, *c)*. Meg kell említenünk a *Mactra* nemzetséget is. A *Mactra podolica* (74. ábra, *d)* nálunk is előforduló ősmaradvány, amely a szarmatakori csökkent sósvízű tenger lakója volt. Az aránylag nagyobb termetű *Panopea* (74. ábra, *e)* az elöl-hátul tátongó kagylók egyik nálunk is gyakori példája — oligocén- és miocénkori üledékeinkből.



75. ábra. A fúrókagylók egyik képviselője, a Pholas kőbefúrt egyedeit ábránk bal oldali rajza mutatja; teknőjét kívülről és belülről jobb oldalt láthatjuk (A. H. Müller *nyomán)*

Az igazi fúrókagylók is mind ide tartoznak. Fába fúró a *Teredo* és *Martesia.* Kőbe fúró a *Pholas* (75. ábra). S mindezek olyan fúrószervezetek, amelyeknek rendkívül fejlett érzéke, thigmotaxisa nem engedi meg, hogy más állat járatába belefúrjanak. A Dysodonták sorában említett *Lithodomus* fúrókagylónál ez hiányzik.

S mindezek után már csak a *Cuspidaria* nemzetséget említjük (76. ábra), a *Poromyacea* alrend egyik ismertebb képviselőjét. Ez az az alrend, amelynek alakjain — mint sajátságos oldalági fejlődés végeredményét — rekeszes kopoltyúkat találunk.

A kagylókkal foglalkozó fejezeteink hosszúra nyúltak. Ez azonban nem véletlenül történt. A kagylók az ősmaradvány-anyagban gazdagon fordulnak elő, s már hosszú idők óta foglalkoztatják az őséletbúvárokat. Láttuk, hogy a hosszú ideje tartó tanulmányozás ellenére is, még sok kérdést kell a kagylókkal kapcsolatban megoldani. De láttuk azt is, hogy sok kérdés igen alapos analízis, élő és kihalt alakok aprólékos összehasonlítása, új kutatómódszerek alkalmazása és sokszor szerencsés leletek alapján máris megoldást nyert. Annál bíztatóbb ez, mert hiszen a kagylóknak csaknem minden főtípusa már a földtörténeti ókorban kifejlődött, s azóta igen lassú evolúciós tempóval fejlődött tovább. Egész sereg nehézség volt tehát — és van még ma is — a kagylók fejlődéstörténetének vizsgálatában, és mégis sikerült a tudomány erejével a nehézségek jó részét már leküzdeni.



76. ábra. Rekeszes kopoltyúja van a Cuspidaria *nemzetségnek; teknő belülről és kívülről* (A. H. Müller *nyomán)*

Milyen is a csigalépcső?

Ez az a kérdés, amelyre a legtöbben magyarázó mozdulattal felelnek: amolyan csigavonal-félét rajzolnak ujjukkal a levegőbe. S ez a mozdulat egyúttal nemcsak a csigalépcső, hanem a csigaház jellegzetes alakját is mutatja.

Az előzőkből már tudjuk, hogy a csigák is a puhatestűek nagy birodalmába tartoznak és annak igen lényeges részét alkotják. 1949-ben készített statisztika szerint 31 643 ma élő fajuk ismeretes a tengerekből, 24 503 a szárazföldről, és 8765 az édesvizekből. Valóban hatalmas számok, amelyek meggyőznek bennünket arról, hogy a puhatestűek sorában ma kétségtelenül a csigák alkotják a legformagazdagabb osztályt. Ennek a több mint 60 000 ma élő fajnak mintegy a fele az újharmad időszaktól kezdve él már. Ha hozzávesszük a megelőző földtörténeti időkben élt és azóta kihalt csigafajok számát, kiderül, hogy a legformagazdagabb csoportok egyikével, ha ugyan nem a legformagazdagabbal van dolgunk.

A csigákra jellemző a részaránytalanság. Persze, ez az aszimmetria csak a törzsfejlődés folyamán alakult ki, s alapjában véve azt mondhatjuk, hogy az egész állatvilágban egyedülálló részaránytalanságra vezetett. Az ősök kétoldali részarányosságáról már akkor olvastunk, amikor a puhatestűek származásáról volt szó. De azt is tudjuk, hogy a puhatestűek törzsfejlődésileg legalacsonyabb fokon álló képviselőinek ősmaradványait, a *Tryblidium*-féléket kezdetben a csigákkal hozták kapcsolatba. S láttuk azt is, hogy egyes esetekben ezeknek búbi részén a teknő kisfokú becsavarodása volt észlelhető. A teknő becsavarodása a lágy részek kétoldalian részarányos mivoltát azonban nyilván nem érintette, mert hiszen a kétoldalian részarányos lágy testű *Neopilina* teknőjének búbi részén is megfigyelhető egy kisfokú becsavarodás.

Ősi típusú csigáktól ismerünk olyan házat, amely becsavart, de az igazi jellegzetes csigaház becsavarodottságával ellentétben — egy síkban. Ezek az alakok a triász óta, sajnos, már nem ismeretesek, s így ezeknek a belső szervezettségéről már semmit sem tudunk. Nem tudjuk, de valószínűnek kell tartanunk, hogy lágy részeik is még kétoldalian részarányosak voltak. Az igazi, nem egy síkban fölcsavart házú csigáknak ugyanis nemcsak a váza, hanem a lágy teste sem őrzi meg az ősi szimmetriaviszonyokat. A biológusok ilyenkor (a kerti csiga tudományos neve: *Helix* után) *helicoid szimmetria-viszonyok*ról szoktak beszélni. Ez a részaránytalan testfelépítés hajlás és csavarodás következtében jön létre és magával vonja az idegpályák kereszteződését, valamint a test egyik oldalán a szervek elcsökevényesedését. A törzsfejlődés folyamán azonban bekövetkezik egy „visszacsavarodás" is. Ez viszont az idegpályák kereszteződésének megszűnését eredményezi, a lágy test külső alakját többé-kevésbé ismét kétoldalian részarányossá teszi, a belső szervezettség részaránytalansága azonban továbbra is megmarad.

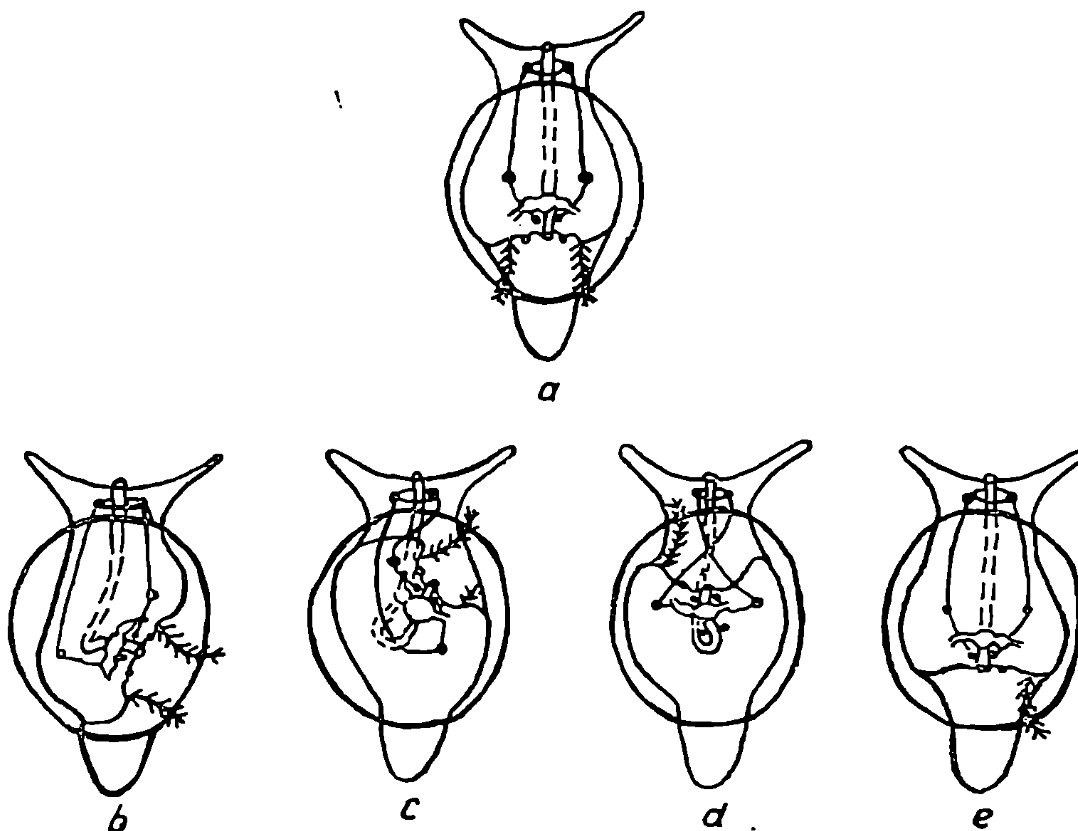
Ilyen módon a csigák sorában az idegpályák lefutása alapján két egymástól nagyon jól megkülönböztethető csoport alakult ki. A ma is élő csigákkal foglalkozó kutatók az idegpályáknak a lefutását valóban a rendszerezés egyik legfontosabb alapjának tekintik. Sőt voltak olyan zoológusok is, akik éppen ezen az alapon arra a helytelen gondolatra jutottak, hogy a csigák két teljesen külön, egymástól független törzsfejlődési vonalon fejlődtek ki. Ezt a felfogást azonban egyhangúan utasította vissza a többi kutató.

Ennek a nagyon bonyolultan hangzó sok hajlásnak, csavarodásnak és kereszteződésnek a további magyarázgatása helyett most már rajzra hivatkozunk (77. ábra), amely minden szónál világosabban tárja elénk a tényeket. Kétségtelenül roppant érdekes, hogy a szimmetria-viszonyoknak ilyen többszörös és aránylag bonyolult módosulása az egész állatvilágban sehol máshol nem található.

Egyébként a csiga lágy teste általában jól megkülönböztethető három tájékra osztható: fejre, lábra és a zsigerzacskóra.

Szemben a kagylókkal, amelyeken — mint láttuk — a fejtájék nem különül el, a csigákon világosan felismerhető a fej. A mellső hasi oldalon van a szájnyílás, a háti oldalon a szem, és egy vagy két pár tapogató.

A szájban van a nyelv s ezen a „reszelő" *(radula)*, a csigáknak ez az igen jellegzetes szerve. Rajta fogak ülnek hosszanti és haránt sorokban elrendeződve. A fogak



77. ábra. A csiga lágy testének fejlődéstörténeti menete — a = *feltételezett ősi típus, amelynek idegpályái párhuzamosan futnak le, s a kopoltyúk a test hátulsó részében helyezkednek el;* b—c = *csavarodás következtében a kopoltyúk oldalra, illetve előrefelé tolódnak, és megszűnik az idegpályák párhuzamos lefutása;* d = *az idegpályák 8-as alakot mutatnak, csak egy kopoltyú van, amely a szív előtt fekszik — ezt látjuk a ma élő elölkopoltyúsokon;* e = *visszacsavarodás következtében az idegpályák lefutása másodlagosan párhuzamossá válik, s az egy kopoltyú a szív mögé kerül* (Easton *nyomán)*

rendkívül jellemző képletek, s a ma is élő csigák rendszertani besorolásában fontos szerepet játszanak. Majdnem azt mondhatjuk, hogy a ma élő csigákkal foglalkozó kutatók számára a fog jelenti a legfontosabb faji megkülönböztető bélyeget. Megint olyan sajátosság ez, amelyet az őséletbúvár nem tud felhasználni, mert hiszen mindezek az ősmaradvány-anyagból hiányoznak.

A szemek egyszerűek, alapjában véve alacsony törzsfejlődési állapotban vannak, azonban a kagylókhoz viszonyítva mégis csak fontos előbbrehaladást jelentenek. Hiszen tudjuk, hogy a kagylóknak nincsen szeme.

Végül a tapogatókról néhány szót. Talán fölösleges is erről beszélni, hiszen mindnyájan játszottunk „csiga-biga gyere ki"-t, és ismerjük a tapogatókat. Tudjuk,

hogy kesztyűujjszerűen behúzhatók és kitolhatók. Vannak csigák, amelyeknek szeme a tapogatók végén ül, másoké a tapogatók alapja közelében található. Ez a bélyeg is felhasználható rendszertani alapul.

A láb a hasi oldalon helyezkedik el. Ezért a csigákat a tudományos elnevezés haslábúaknak mondja, műszóval: *Gastropoda*. A haslábú kifejezés alapjában véve talán nem is egészen helyes, mert a *gaster* magyarul gyomrot jelent. Ebből a szóból származik az ínyesmesterség nemzetközi neve, a gasztronómia is. A csigákkal kapcsolatban ez annál könnyebben megjegyezhető, mert tudjuk, hogy a csiga, különösen Franciaországban igen kedvelt csemege. Mi a csigát ugyan nemigen használjuk fel élelmiszerként, de azért mégis fontos szerepe van nálunk is ebből a szempontból. Hazánk ugyanis évente több vasúti kocsival szállít éti csigát külföldre, valutáért. Így a csigáknak is megvan a népgazdasági jelentősége. Egyébként a csigagyűjtést is erősebben kellene ellenőrizni, mert a szakszerűtlen gyűjtéssel egész csigaállományunkban komoly károkat okozhatnak. A Természettudományi Közlöny 1961. évi augusztusi számában sok érdekes adatot olvashatunk erre vonatkozólag. Az ott található figyelmeztetések annál is inkább megszívlelendők volnának, mert valóban ügyelnünk kell arra, nehogy felelőtlen módon teljesen tönkretegyük csigaállományunkat, megbontsuk a biológiai egyensúlyt, és végül a népgazdaságnak is jelentős kárt okozzunk.

Talán megbontja a csigalábról szóló leírásunkat ez a pár közbevetett sor, de hát a *Gastropoda* névvel kapcsolatban lehetetlen volt nem emlékeztetni a gasztronómiára, s ezzel kapcsolatosan a csigák ebbeli jelentőségére. Ez talán azért is megbocsátható, mert a csigák lábáról még annyit szeretnénk megjegyezni, hogy az széles, nagy felülettel érintkezik az aljzattal. Emlékszünk, hogy a kagylókat ék alakú láb jellemezte. Mind ott, mind itt mirigyek is vannak, amelyek nyálkás váladéka a lábat sikamlóssá, könnyen csúszóvá teszi. Persze, akármilyen nagyfokú is a nyálkatermelés, azért a mozgási sebesség mégiscsak csigatempójú marad!

S végül még annyit a lábról, hogy néha jelentős mértékű módosuláson megy át: a test két oldalán elhelyezkedő szárnyszerű képletté lesz, amint azt az ún. tengeri pillangókon, a csigák egyik messzemenően módosult csoportján látjuk.

A zsigerzacskó a láb fölött, a fej mögött helyezkedik el, s benne foglal helyet az emésztőszervrendszer; ott találjuk a nagy és kiterjedt májat, a veséket, a szaporítószerveket, a véredényeket, az idegpályákat. A zsigerzacskó az egész házat kitölti.

Anélkül, hogy a lágyrészekről részletesebben emlékeznénk meg, e helyen inkább csak egy igen érdekes jelenségről teszünk megint említést. A szájnyílás közelében nyílik a ragadozó csigák egy méregmirigyének a kivezető nyílása. Némely nemzetség mirigyének a váladéka roppant erős méreg. Így pl. ha a *Conus* nevű tengeri csigát valaki a tenyerén tartja, s a csiga radulája kis sebet üt a kéz bőrén —, elég a méregmirígy váladékából egy kis csepp ahhoz, hogy a radula által okozott kis seben keresztül a véráramba jutva — akár felnőtt férfi halálát is okozhassa. Bizonyára nem gondoltuk volna, hogy ennyire veszélyes lehet egyetlen csiga! De azért különösebben nem is lepődünk meg, mert hiszen — ha nem is ilyen nagy mértékű mérgezésről — de elkábításról, megmerevítésről már a csalánozó állatokkal kapcsolatban is hallottunk. Pedig azok az állati szerveződésnek lényegesen alacsonyabb fokán állanak!

A zsigerzacskót — mint a többi puhatestűn — itt is a bőr megkettőződéséből kialakult köpeny borítja. Ennek egyik legfontosabb feladata a védelmet szolgáló váz, a csigaház anyagának a kiválasztása. Úgy borítja be a zsigerzacskót, hogy közte és a köpeny között üreg, az ún. köpenyüreg alakul ki. A köpenyüreg ugyancsak általánosan elterjedt a puhatestűek körében és jellemző erre az állattörzsre. Eredetileg a test hátulsó része felé helyezkedett el, de a csigák törzsfejlődése folyamán bekövetkezett változások során a test mellső oldalára helyeződött át. A visszacsavarodással kapcsolat-

ban azonban egyik csoportjuk köpenyürege ismét eltolódik a test hátulsó oldala felé. A köpenyüregben vannak aztán a kopoltyúk is. Ezek felületén csillókat találunk, amelyek a víz mozgatására szolgálnak.

A csigák egyébként sajátságos szimmetria-viszonyaik miatt lehetnek két- vagy egykopoltyúsak. A szárazföldi csigáknak, de némely vízi alaknak is eltűnik a kopoltyúja, s a gázcserét „tüdő" bonyolítja le. Prsze nem igazi tüdőről van itt szó, hanem arról, hogy a köpenyüreg fala véredényekben igen gazdaggá lesz, s ezen át történik meg a gázcsere. Az általunk is jól ismert éti csigának ugyancsak ilyen „tüdeje" van.

Igen érdekes egyébként az a mód, ahogyan a csigák a kopoltyúk eldugulása ellen védekeznek. A vízben levő finom iszap ugyanis könnyen okozhat zavarokat a kopoltyúk működésében. Ennek megakadályozása — a víz mozgatása mellett — ugyancsak a kopoltyú csillóinak feladatai közé tartozik. Ez azonban nem nyújt kellő védelmet, ha a víz erősen zavaros, ezért a kopoltyúkhoz érkező víz iszaptól való mentesítésének többféle módja is ismeretes. Vannak olyan alakok, amelyeknél „iszap-ízlelő" szervek alakultak ki. Az „iszap-ízlelő" szervek ott találhatók, ahol a köpenyüregbe érkező víz a kopoltyú közelébe kerül. Ha az „iszap-ízlelők" túl nagy mennyiségű iszapot jeleznek, — a köpenyüreg bezárul, s csak akkor nyílik újra, ha a víz ismét kitisztult. Azt, hogy a köpenyüreg bezáródása valóban ezen szervek hatására jön létre, kísérletileg is igazolták. Ha ugyanis ezeket operatív úton eltávolítják, az iszapos víz beáramlásakor a köpenyüreg nem záródik be, s az állat esetleg ennek következtében el is pusztulhat. A csigák tehát ennek a szervnek a segítségével is megakadályozhatják a kopoltyúk eliszaposodását. Egyébként előszeretettel keresik fel a szilárd, sziklás tengerfeneket, ahol az eliszaposodás veszélye nem fenyegeti létüket. Egy további „kopoltyú-iszaptalanítási" mód a következő: a köpenyüreg erőteljes összehúzódásával és hirtelen kinyitásával gyors iramban mozgatja a vizet, hogy a kopoltyúüregbe került iszap eltávolodjék. Ez persze a csillók munkája hatásának jelentős fokú megnövelését jelenti. A csillók és a szinte görcsös összehúzódás ill. hirtelen nyitás olyan gyorsan áramoltatja a vizet, hogy az ilyen módon magával ragadja a kopoltyúüregbe jutott iszapot.

Mindezekből a módokból az tűnik ki, hogy a csigák élete szempontjából rendkívül jelentős a kopoltyúüregbe jutott iszap eltávolítása. Ezért aztán természetes, hogy a törzsfejlődés folyamán ezen a vonalon is tökéletesedtek. A magasabb törzsfejlődési állapotú csigák iszap elleni védekezését a köpeny mellső oldali meghosszabbodásából kialakult szifó segíti. A köpeny előrefelé meghosszabbodik, s két oldala csővé nő össze. Hasonló mindez a kagylóknál megfigyelt szifókhoz. Míg azonban a kagylóknak be- és kivezető szifója van, a csigáknál ugyanazon a szifón keresztül jut be a víz az állat köpenyüregébe, amelyen keresztül távozik. A szifó kialakulása jelentős mozzanat a csigák törzsfejldőésében. Életmódjukban is változás áll be ezáltal, mert ily módon lehetővé válik, hogy a csigák iszaposabb tengerfenéken is megéljenek. A szifó lehetővé teszi — különöen a már hosszúra nyúlt alakban —, hogy a végén tiszta, iszapmentes víz kerüljön a köpenyüregbe. Sőt a hosszú szifó —, s itt megint a kagylókra utalunk — azt is lehetővé teszi egyes csigák számára, hogy kisebb mélységben be is áshassák magukat a tengerfenék iszapjába. Ily módon az élőhely lehetőségei gyarapodnak; a csigák újabb területeket hódíthatnak meg.

Az ősvilági élet szempontjából a szifók kialakulása fontos mozzanat, mert jelenléte a csigaházon is visszatükröződik s így a szifók megjelenése, hosszúra növekedése stb. már az ősmaradvány-anyagon is tanulmányozható. A lágytesthez tartozó szifó félreismerhetetlen nyomot hagy a szilárd vázon is!

Eddig oly sok szó esett már a lágy testről, hogy végre valóban itt az ideje, hogy foglalkozzunk a szilárd vázzal is.

A csigákról általában azt mondjuk, hogy egy részből álló szilárd vázzal rendelkező puhatestű állatok. Ez a régi, jól bevált meghatározás az utóbbi évek vizsgálati eredményeinek a tükrében már elvesztette általános érvényét.

A híres angol természettudományi hetilapnak, a Nature-nek 1960. évi március 12-i számából értesültünk arról, hogy Japánban *Kawaguti* és *Baba* olyan csigát írt le, amelynek a háza — a kagylókhoz hasonlóan — két teknőből áll. Az ismertetés két tekintélyes tudós tollából származik, akik közül az egyik— a néhány évvel ezelőtt hazánkban is járt *Cox* — az angol akadémia tagja, a British Museum kiváló tudósa. Leírásukból kiderül, hogy a *Tamanovalva limax* lágy teste a csupasz csigára emlékeztet, de a kagylókéhoz hasonló két teknője van. A Japán-tengerben találták példányait sekély mélységekben. A legnagyobb példány teknőinek hossza 7 mm. Érdekes, hogy a lapos láb a középvonal mentén a teknőbe való behúzódásakor összehajtható. A lágy test minden jellegében a csigák törzsfejlődésében magas fokot jelentő, már „visszacsavarodott" hátulkopoltyús csigák jellegeit viseli. A váz azonban két egyenlő alakú és méretű részből áll. A kettő között mindössze annyi az eltérés, hogy a bal oldalinak a csúcsán a csigaházra jellemző „helicoid" becsavarodás figyelhető meg.

Hasonló teknők egyébként az Ausztrália körüli tengerekből már szintén ismeretesek voltak, s ezeket *Edenttellina* néven írták le. *Kawaguti* és *Baba* szerint nem hozhatók kavcsolatba a *Tamanovalvá*val, de *Cox* és *Rees* már hangsúlyozza a hasonlóságot. Minthogy azonban az *Edenttellina* lágy teste nem volt ismeretes, biztosan nem lehetett állítani.

A Nature 1960. július 2-i számában azonban már ismét találunk egy újabb idevonatkozó híradást *Burn* ausztráliai zoológus tollából. Azt az igen fontos hírt közli, hogy *Edenttellina*kat talált élő példányokban, azaz a lágyrészekkel együtt. A szerencsés lelet alapján megállapíthatta, hogy az *Edenttellina* és a *Tamanovalva* ugyanazt a nemzetséget (genust) képviselik, sőt ide sorolható be egy a Kalifornia környéki tengerből leírt forma is. S a csattanója most következik ennek a cikknek: *Burn* emlékeztet arra, hogy a Párizsi-medence eocénkori képződményeiből *Berthelinia* néven már régen leírtak hasonló maradványokat, s így a nevezéktan elsőbbségi törvényének megfelelően a Kalifornia, Ausztrália és Japán környéki tengerben élő kétteknőjű csiganemzetség a Párizsi-medence eocénkori alakjával együtt *Berthelinia*nak nevezendő. De kiderül *Burn* cikkéből még az is, hogy van egy további kétteknős csiga is, amely nem sorozható be a *Berthelinia* nemzetségbe. Ezt *Midorigai*nak nevezte el. Ezzel a kétteknős csiganemzetségek száma is már kettőre emelkedett, s egész sereg fajuk ismeretes, amelyek a földtörténeti múltban már megjelentek és ma nagy elterjedésben élnek világszerte.

Nem kétséges, hogy a nagy elterjedés ellenére is, a kétteknőjű csigák a nagy ritkaságok, a kivételek sorába tartoznak. Nézzük meg tehát közelebbről, hogy milyen jellegeket tudunk kiolvasni a „közönséges csigák" háza alapján ennek az állattársaságnak a földtörténeti időkben bekövetkezett változásairól, törzsfejlődéséről. A lágy testet illető változások sokféleségéről az előzőekben már hallottunk.

Természetesen a csigák házának anyagát is — mint a többi puhatestűnél —, a lágy testet körülvevő köpeny választja ki. A ház anyagának kiválasztása az egyedi fejlődésnek már embrionális szakaszában megindul. Az ekkor kiválasztott ház azonban rendszerint jelentősen különbözik az élet további folyamán kiválasztott háztól, amennyiben az utóbbinál rendszerint simább és fénylőbb, sőt némely ritka esetben még az is megfigyelhető, hogy az embrionális kanyarulatok tengelye nem esik egybe a később épített ház tengelyével. A két tengely szögeltérése néha 90°-ot is elérhet. Azonkívül pedig még a csavarodás irányában is lehet különbség. Mit jelent ez? Ha a csigaházat úgy állítjuk fel, hogy csúcsa felfelé, szájnyílása pedig lefelé legyen és

felénk nézzen, akkor ha a szájnyílás jobbra esik, jobbracsavarodott, ha pedig a szájnyílás a bal oldalon van, akkor balracsavarodott csigaházról beszélünk. A csigák túlnyomó nagy többségénél jobbra csavarodik a ház. Ilyen értelemben lehet — nagy ritkán — eltérés az embrionális és a végleges ház csavarodásának irányában.

A csigaház szerkezeti felépítése hasonlít a kagylók teknőjéhez. Legkívül itt is szerves anyagot, *conchyolint* találunk, ezalatt az oszlopos réteget, majd belül a gyöngyházréteget. Természetesen ez az itt vázolt felépítés éppen úgy csak általánosságban érvényes a csigákra is, mint a kagylókra. A jól fejlett gyöngyházréteg csak az ősi típusú csigákra jellemző, míg a törzsfejlődésileg fiatal alakoknál nem ismeretes.

Ugyancsak törzsfejlődésileg magasabb fokot elért csigáknál azzal a jelenséggel is találkozunk, hogy a köpenyszegély körülöleli az egész testet, aminek következtében a ház többé-kevésbé visszafejlődik. Eléggé közismert alak nálunk is a csigák között az erősen csökevényes házú meztelen csiga.

A ház vastagsága nagyon különböző lehet. A szárazföldi csigáké általában vékonyabb, mint a tengeri alakoké, de vastagabb, mint az édesvízieké. A tengeri csigák házának vastagsága ingadozik a földrajzi fekvés szerint: a forró égövi tengerek csigaházai rendszerint vastagabbak, mint a hidegebb vízben élő alakoké. De függ a ház vastagsága attól is, hogy a csiga a partközel erősen hullámveréses részében él-e, vagy pedig csöndesebb, nyugodtabb vízben. Természetes, hogy az erős hullámveréses, kavicsos, durva homokos partközeli területen élő csiga háza vastagabb, mint a nyugodt vízben élőké, ahol erőszakos behatások nem veszélyeztetik a csigaház épségét. Egyébként hasonló jelenségek a kagylóknál is vannak. Ott is azt látjuk, hogy a hullámverés övében élők teknője durvább, vastagabb, mint azoké az alakoké, amelyek a finom iszapba ássák magukat s így erőművi hatások nem veszélyeztetik létüket. A szárazföldi csigák között a nagyon száraz területeken élőknek alakul ki vastag háza. Mindezek a jelenségek a környezethez való alkalmazkodás megnyilvánulásaiként is jelentkeznek.

A csigaház nagysága is erősen változó. Egészen apró, szabad szemmel alig felismerhető alakoktól a közel 1 méteres nagyságú házakig mindenféle nagyság előfordul.

A különböző házak — kanyarulataikat tekintve — igen különbözőképpen épültek fel. Már említettük, hogy az ősi típusú csigák kanyarulatai egy síkban csavarodtak fel. Ez a típus ma már nem él. De van egy másik ősi típus is, amelynek még ma is élő képviselői vannak. Ezeknek háza bizonyos mértékig emlékeztet bennünket az egyteknős puhatestűek vázára. Hiszen ezért is sorolták régebben a *Tryblidium*-féléket a csigák közé. Ezek csigaházának búbja kicsiny és nagyon kevés számú kanyarulatból áll, az utolsó kanyarulat pedig egészen kiterül és tág nyílású. De ezekről az alakokról később még többet is fogunk hallani.

Vannak olyan csigaházak, amelyek már egészen „csigaszerűek", ámbár a ház kevés számú kanyarulatból áll. Végeredményben ilyen a kerti csigáé is, de ilyen egy hozzá hasonló házú tengeri csigáé is. Mások házán azután jóval több kanyarulatot találunk; ezek egyik típusát tornyos csigának nevezik, mivel alakja egészen toronyszerű: magas és karcsú. Az egyes kanyarulatok néha nem is érintik egymást: a csigaháznak szinte dugóhúzószerű alakja van. Máskor a kanyarulatok éppen csak érintkeznek. De a többé-kevésbé az idősebb korban kialakított fiatalabb kanyarulatok körül is ölelhetik az idősebb kanyarulatokat, amelyeket a csiga egyedi fejlődésének még fiatalabb szakaszában épített. Sőt találunk olyan házat is, amelynek legutolsó, legfiatalabb kanyarulata az előzőket teljesen be is borítja. Ilyenkor csak az utolsó kanyarulat látszik.

Az utolsó kanyarulat a szájnyílásban végződik. Persze ennek a szájnyílásnak

semmi köze a csiga valódi szájnyílásához. Ez az a szájadék, amelyen keresztül a lágytest a házból kinyomul illetőleg a házba behúzódik. A ház szájnyílásán külső és belső ajkat szoktunk megkülönböztetni. A külső ajak sokszor egészen éles peremű, máskor kissé duzzadt: előfordul az is, hogy a külső ajakból ujjszerű, néha pedig egyenesen tüskéhez hasonló részletek nyúlnak ki. Néha a szájnyílás kiterültsége ezeket összeköti s ilyenkor lúdlábhoz hasonlóvá válik a külső ajak.

A belső ajak kifejlődése korántsem ennyire változatos.

A csigaház szájnyílásának egyébként fontos szerepe van a törzsfejlődési állapot megítélésében is. Pontosabban megfogalmazva, ez a megállapítás a keresztezett idegpályás csigákra vonatkozik. Ezeknek a törzsfejlődés kezdetén ép, zárt körvonalú szájnyílásuk volt. Ezt a szájnyílást műszóval *holostom* szájnyílásnak nevezik (a *holos* görög szó; annyi, mint egész, ép; a *stoma* pedig = száj). A törzsfejlődés további szakában azt látjuk, hogy ha a csigaházat csúcsával fölfelé s szájnyílásával lefelé vesszük kézbe, amint előbb arról a jobbra vagy balra csavart csigaház esetében beszéltünk, alul a szájnyílás körvonala megszakad s kis, rövid kanálisba, csatornaszerű vonalba megy át. Ilyenkor azt is mondhatjuk, hogy a csigaháznak csurgókezdeménye van. Végül ennek a folyamatnak az utolsó állapotában a csurgókezdeményből csurgó, kanális lesz. Ha a szájnyílás nem holostom, akkor *siphonostom*nak mondja a szaknyelv. S ha most visszagondolunk mindarra, amit a csigák szifójával kapcsolatosan olvastunk, azonnal megértjük, milyen jelentős fokú tökéletesedést árul el a szájnyílásnak csatornával való módosulása. Hosszú szifó mellett szükség van a hosszú csatornára. Az ilyen csigák tehát már változatosabb életkörülmények között is megtalálják életlehetőségeiket s így fennmaradásuknak, biztosabb életbenmaradásuknak már jóval nagyobb a valószínűsége.

A csigaház sajátosságai között igen szembetűnő a díszítettség is. Vannak aránylag sima, de vannak erős tüskékkel, jól fejlett dudorokkal ellátott csigaházak is. Az erősen díszített alakok főleg a mozgatottabb vízű élettájékokon élnek, a díszítetlenek a nyugodtabb vizű területek lakói. A díszítés elemei vagy a kanyarulatok lefutásával párhuzamosak, és ilyenkor hosszanti vagy spirális díszítő elemekről beszélünk, vagy pedig harántirányban húzódnak a kanyarulatokon s ezek a haránt- vagy tengelyirányú díszítő elemek. Ezek a díszítő elemek csomók, dudorok, tompa vagy éles, rövidebb vagy hosszabb tüskék, vonalak, bordák, lécek stb. lehetnek, amelyek a két irányban sokféleképpen kombinálódhatnak, különböző erősségben fejlődhetnek ki s így a csigaházak díszítése nagyon változatos.

Nálunk az utolsó évtizedben *Strausz* László foglalkozott sokat a ház díszítésével. Utalt arra, hogy a csigaház kanyarulatain a díszítés gyakran eltér a szomszédos kanyarulatokétól. Ez persze nagyon sokszor okoz az őséletbúvár számára súlyos nehézséget, amidőn az előkerült ősmaradvány-anyagot kell azonosítani. *Strausz* azonban sok-sok ezer csigaház vizsgálatával igazolta, hogy a fiatalkori kanyarulatok díszítése sokkal állandóbb jellegű, mint az egyedi fejlődés további során kialakított kanyarulatoké. Ezzel a megállapításával — mondanom sem kell — megkönnyítette az egyes alakok azonosításának a munkáját — persze, csak olyankor, ha a csigaház megtartási állapota jó és az ősmaradványon a fiatalkori kanyarulatok is valóban megtalálhatók. Az ilyen jellegek fölismerése már csak azért is roppant fontos, mert az őslettudomány egyik leglényegesebb kérdésével, a fajfogalommal a legszorosabban összefügg. Márpedig az egyes fajok fölismerésének és azonosításának a gyakorlati életben is nagy jelentősége, tekintélyes összegű, a népgazdaságot érintő kihatása van.

A csigaház egy további érdekességét megint a szájnyílás környékén találjuk meg, de csak egyes, ősibb jellegű formákon. Ezeken az figyelhető meg, hogy a külső ajak közepe tájáról hátrafelé rés indul ki. Ez a rés arra szolgál, hogy a köpenyüregbe

kerülő ürüléket eltávolítsa. Amint a csigaház tovább növekedik, a rés idősebb részeit a ház mészanyaga (amelyet a köpeny választ ki) elzárja. Az elzárás néha tökéletlen és így kör alakú nyílások maradnak a házon. A nagyon kiterült utolsó kanyarulattal bíró fülcsigán, a *Haliotis*en figyelhető meg ez legjobban. Ez a csiga nemzetség — ősi jellege ellenére —ma is él; vastagon fejlett gyöngyházrétege van. Nagyobb példányai a tenyérnyi nagyságot is elérik. Jellegzetes alakja, a szép, színjátszó gyöngyházréteg, és megfelelő nagysága miatt gyakran használják hamutálcának is.

Egy másik csigán a rés bezáródása a ház további növekedésekor tökéletes. Ez a másik csigatípus a *Pleurotomaria.* A betömődött rés egykori helye a kanyarulatokon jól fölismerhető, ami egyébként egészen természetes, ha meggondoljuk, hogy a rés elzárása utólagosan, a ház növekedése alkalmával történik. Ezt a jól fölismerhető részt résszalagnak mondjuk. A résszalagnak a díszítése is eltérő a kanyarulatok többi részén látható díszítésektől.

A csigaháznak itt vázolt néhány jellegzetes sajátossága persze mindig sok tényező függvényében alakul ki. Ezzel magyarázható az a tény is, hogy rendszertanilag, tehát a törzsfejlődés alapján kialakult rokonság nézőpontjából egymástól távol eső alakok is, a ház alakjában, megjelenési formájában, díszítésében és sok egyéb részletében is egymáshoz igen hasonlók lehetnek. Azt, hogy rokonságban egymástól mégis távol állanak, a lágy részek, elsősorban a radula fogacskáinak alapján lehet pontosan megállapítani. Ez azonban az ősmaradvány-anyagban nem fordul elő, s ezért bizony a csak földtörténeti múltból ismert csigáknak a rokonsági kapcsolatait megállapítani nagy nehézségekkel jár. Szerencsénkre a csigák, amint azt fejezetünkben már említettük, ma a régebbieknél nagyobb formagazdagságban fordulnak elő. Ezt úgy is mondhatnánk, hogy a csigák virágkorukat élik. A mostani nagy változatosságuk s igen tekintélyes fajszámuk nagy segítségünkre van azonban abban, hogy a földtörténeti múltból származó maradványoknak a pontos és helyes rokonsági, törzsfejlődési kapcsolatait, minden nehézség ellenére, mégiscsak megállapíthassuk.

A sokféle csiga természetesen sokféle életmódot folytat. Vannak olyan alakok, amelyek a tenger parti övezetében mozogva igyekeznek táplálékot találni. Szerencsés esetben előfordulhat, hogy a csiga nyomát finomszemű üledék lepi be, s így az egykori csiga csúszásnyoma is fosszilizálódik. Persze ez elég ritka eset, s e ritka esetben is kivételnek számít, ha az előkerült csúszási nyommal kapcsolatban pontosabban tudunk a csigára következtetni. A legtöbb esetben csak annyi állapítható meg, hogy csigacsúszási nyommal van dolgunk. Néha azonban már ez is jelentős eredmény, mert az ősmaradványokban egyébként szegény üledékekből előkerült effajta nyomok mégis igen fontos útbaigazítással szolgálhatnak.

Milyen természetű is az a táplálék, amelynek felkutatására a csigák olyan fáradhatatlanul csúsznak? A csigák között is vannak növényevők és ragadozók. A növényevők — ha a tengerben élnek — legtöbbször moszatokkal táplálkoznak. A ragadozók pedig többnyire csigatársaik vagy kagylók teknőit fúrják meg, s az így készített lyukon keresztül kiszívják a lágy test anyagát, vagy a tengerparton heverő tetemeket, medúzákat stb. eszik. Az egyes ragadozó csigák „fúrástechnikája" alig-alig különbözik egymástól. Így azután — bár sokszor kerülnek elő csigáktól megfúrt kagylóteknők — ritkán tudunk pontosan következtetni az egykori gyilkosra. A földtörténeti újkorból származó maradványok sorában aránylag gyakran találkozunk csigák fúrásnyomaival. Ám minél ősibb korokba megyünk vissza a földtörténeti múltba, annál ritkábban kerülnek elő ilyen maradványok. Érdekes, hogy bár a csigák maradványai már az alsó kambrium óta ismeretesek, a legidősebb csigafúrás nyomát csak az ordovicium végén találták meg. Ez annál is különösebb, mert az áldozat sem nem kagyló, sem nem csiga, hanem a pörgekarúak (*Brachiopodák*) körébe tartozó állat volt.

A fiatalabb földtörténeti időkből származó sok és többnyire eredményes „fúrólyuk" arra utalhat, hogy ez a táplálékszerzési mód — talán a csigák fúrási technikája is — tökéletesedett a törzsfejlődés folyamán. Legalábbis ezt a meggyőződést keltheti bennünk az a sok maradvány, amelyet hazai fiatal-harmad időszaki képződményeinkben is lépten-nyomon megtalálunk. Ha valahol gazdagabb ősmaradvány-lelőhelyet ismerünk meg, biztos, hogy a nagyszámú kagyló és csigamaradvány között tekintélyes mennyiségben találunk olyan alakokat, amelyek világosan elárulják az egykori ragadozó csigák tevékenységének a nyomait.

A lágy test és a ház sajátosságai alapján megkísérelhetjük most már a csigák egész törzsfejlődésének a vázolását. Ezzel kapcsolatban először arra szeretnénk utalni, hogy a csigák ősmaradványai már az alsó kambriumtól kezdve biztosan ismeretesek. Ez azért érdemel külön figyelmet, mert a kagylók — amelyeket a puhatestűek törzsén belül a csigáknál kevésbé fejlett törzsfejlődési fokon álló alakoknak tekintünk — a kambriumból eddig biztosan nem voltak kimutathatók, s csak az ordovicium óta követhetők nyomon. Mindkét osztály esetében azonban kétségtelen, hogy az első megtalált ősmaradványok korát megelőző távoli időkből indult ki törzsfejlődésük. Abból a tényből, hogy a kambriumban már elég változatos csiga-faunával találkozunk, nyilvánvalóan következik, hogy az ősi puhatestűekből a különböző osztályok típusainak törzsfejlődése már az algonkium folyamán megindult és jelentős előrehaladást ért el.

A szív szerepe a csigák rendszerében

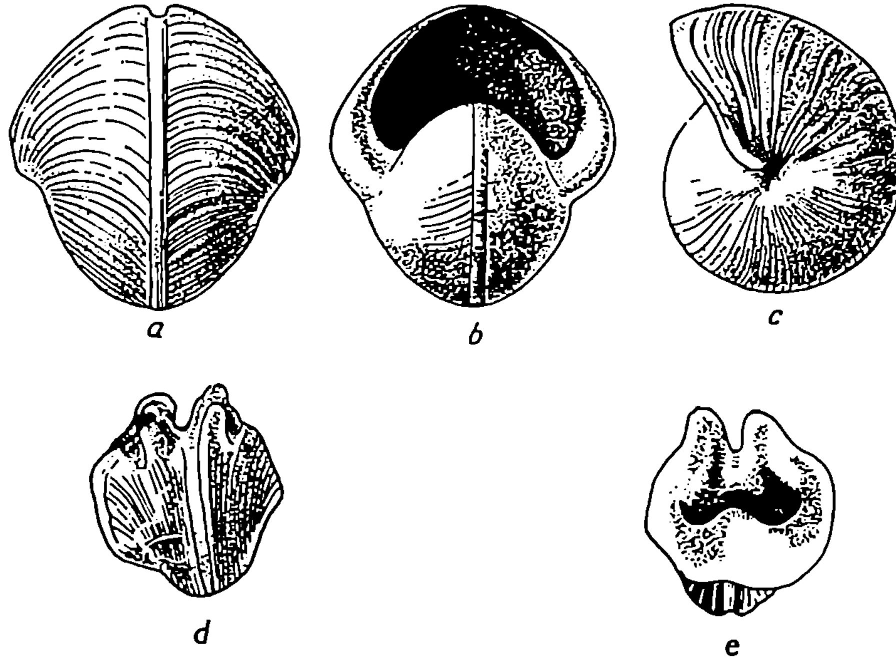
Ma a csigák osztályát 3 alosztályba szoktuk sorozni. A legkevésbé differenciált csoportban a kopoltyúk a szív előtt találhatók, az idegpályák keresztezettek. Fejlettebb típust képvisel a „visszacsavarodott" formák alakköre, ahol az idegpályák párhuzamos lefutásúak. Ide két alosztály tartozik. Az egyiket olyan alakok képviselik, amelyeknél a kopoltyú a visszacsavarodás következtében, az ősi puhatestű típushoz hasonlóan, ismét a szív mögé került. Ezeket a csigákat ezért hátsókopoltyús alakoknak nevezzük. A másikat pedig azok a csigák képviselik, melyeknél a lélegzés nem kopoltyúval történik, hanem a kopoltyúüreg falát behálózó véredények sürű szövedékével, a „tüdővel". Ezek a tüdős csigák.

Van azután még egy csoport. Ennek képviselői a földtörténeti ókorban játszanak jelentős szerepet. Első képviselőik ugyancsak a kambriumban jelennek meg, de akkor a csoport formagazdagsága még nagyon szerény keretek közé szorul. Az ordoviciumban azonban számuk hirtelen meggyarapszik s ez a változatosság megmarad még a szilur folyamán is. A karbon folyamán aztán még egyszer némi emelkedés következik be alakgazdagságukban, de a permben tovább szegényedik az egész alakkör, s végül a triászban ki is pusztulnak. Utóbbiak hírmondóinak egyike nálunk a Bakony-hegység triászából ismeretes.

Ezeket az alakokat a szaknyelv *Amphigastropoda* néven foglalja össze. Pár évvel ezelőtt ide sorolták a *Tryblidium*-féléket is, amelyekről azonban ma már tudjuk, hogy az egyteknősök *(Monoplacophora)* osztályába, vagyis a *Neopilina* rokonsági körébe tartoznak. A másik csoportra az *Amphigastropoda* név nagyon jól illik; ezt talán így fordíthatjuk magyarra: részarányos csigák.

Ezeknek a részarányos csigáknak (a név persze kizárólag a házra vonatkozik, mert hiszen már rég kihalt csoport, és így lágytestüket nem ismerjük), a rendszertani helyzete mindmáig eléggé vitatott. Vannak, akik egy negyedik alosztályt látnak bennük, míg más kutatók szerint azokkal a csigákkal kell egy alosztályba sorolnunk

ezeket az alakokat, amelyeknek a kopoltyúja a szív előtt helyezkedik el. Ha meggondoljuk, hogy az „elölkopoltyús" típus a lágy testben végbement nagyarányú csavarodás következtében jött létre, s végeredményben erre vezethetjük vissza a csigaház jellegzetes csigavonal — vagy térjünk csak vissza első hasonlatunkhoz: csigalépcső — alakját is, akkor valóban elfogadhatóbbnak tűnik az a felfogás, amely szerint a rész-



78. ábra. Ősi jellegű szimmetrikus csigák — a—b—c = Bellerophon *hátulról, a szájnyílás felől és oldalnézetből;* d—e = Knightites *hátulról és a szájnyílás felől* (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

arányos csigák lágy testének becsavarodása még nem történt meg. Így — az egyteknősökhöz hasonlóan — ezek még két olyan kopoltyúval rendelkezhettek, amelyek a test hátulsó részén helyezkednek el. Szinte az a gyanú merül föl bennünk, hogy talán nem is csigák ezek az alakok sem, éppen úgy, ahogyan a *Tryblidium*-félékről is kiderült, hogy nem tartoznak a csigák osztályába.

De hát ne menjünk itt túl messzire, s hagyjuk meg ezeket az alakokat egyelőre csigáknak!

A részarányos csigák sorában ott találjuk — mint leghíresebbet — a *Bellerophon* nemzetséget (78. ábra, *a, b, c)*. Utolsó képviselőinek egyike, amelyet *Bellerophon vaceki* néven írtak le, mint említettem, nálunk is ismeretes a Balaton-felvidék triász időszaki üledékeiből. A *Bellerophon*-félék virágkora a földtörténeti ókor elejére esik, de a karbon időszakból is elég bőviben ismerjük képviselőiket. Házuk, mint ezt mondani szokás, eléggé felfújt, vagyis a ház kanyarulatai meglehetősen domborúak, szájnyílása öblös. A ház egy síkban csavarodott föl és „szűkköldökű" forma. Ez annyit jelent, hogy a fiatalabb kanyarulatok elfödik az idősebbeket, s így tulajdonképpen csak az utolsó kanyarulat látszik. A tekintélyes nagyságú szájnyílás közepe táján a *Bellerophon*on is rést találunk. A ház növekedésével a rés természetesen itt is bezárul; a résszalag a házon világosan szembetűnő, díszítésében is eltérő a ház többi részén tapasztalható díszítéstől.

Ezekkel hozzák közeli rokonságba a *Knightites* nevű, az észak-amerikai perm-

rétegekből ismeretes alakot (78. ábra, *d, e*). Ez is részarányos, egy síkban fölcsavart házú alak, ezen is megtaláljuk a rést. Sajátságos és jellegzetes azonban erre az alakra, hogy a rés két oldalán az ajak csőrszerűen előreugrik, sőt a kanyarulat külső felén is duzzanat látszik. A csőrszerű képződmény a kutatók véleménye szerint arra utal, hogy a *Knightitesen* már megtalálható a szifó, amelyről korábban már szólottunk. Akkor úgy emlékeztünk meg a szifóról, mint a törzsfejlődés egyik magas fokát jelző szervről. Nagyon érdekes tehát, hogy ennek az előrehaladott törzsfejlődési állapotot jelző szervnek a csíráját már itt, a törzsfejlődésnek valóban kezdeti szakában megtaláljuk.

Persze, még egyszer szeretnénk hangsúlyozni, hgy az *Amphigastropoda*, vagyis részarányos csigák megismeréséhez még sok szerencsés leletre és jelentékeny további fejlődéstani vizsgálatokra is szükség lesz. Mert lehet, hogy valóban külön alosztályba sorolandók a csigák osztályán belül, az is lehet, hogy az elölkopoltyús csigák közé kell ezeket az alakokat besorolnunk, de talán egy *Neopilina*-szerű meglepő, új lelet alapján a *Bellerophont* és társait is majd valami új, eddig ki nem különített osztályba kell majd a csigáktól áthelyeznünk. De hiszen minderre már fentebb is utaltunk.

Nézzük meg most az „elölkopoltyús" csigák alosztályát. A szaknyelv ezeket *Prosobranchia* néven említi. Már hallottuk, hogy a megjelölés arra vonatkozik, hogy a kopoltyú a lágy test csavarodása következtében előre kerül, a szív elé. Ezeket a csigákat tekintik a legősibb típusúaknak (a *Bellerophon*-féléket nem említve).

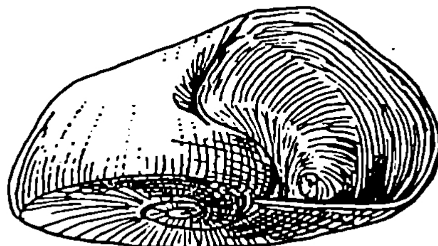
Ennek az alosztálynak ismét 3 rendjét szoktuk megkülönböztetni. A széttagolás itt már egyszerűbb, mert hiszen egész sereg ma is élő alak tartozik ide s így a házon kívül a lágy test jellegei is fölhasználhatók megkülönböztetésükre. A lágy test jellegeiből mindenekelőtt azt kell ismét hangsúlyoznunk, hogy a csigák sajátságos csavarodása az idegpályáknak 8 alakban történő lefutását eredményezte. Ezért *Streptoneura* néven is említik ezt az alosztályt. Szabadon fordítva: csavart idegűek. Persze az idegpályák csavartsága mellett a kopoltyúk mellső helyzete is igen jellemző erre az alosztályra, hiszen erről kapta a nevét is. A kopoltyúk kialakulásában azonban már elég jelentős eltérések figyelhetők meg. Vannak olyan alakok, amelyeken még páros kopoltyút találunk, többségükön azonban már csak egy kopoltyú látható. A továbbiakban aztán magában a kopoltyú kialakulásában is különböző jellegek ismerhetők fel, de hát ilyen messzire ne menjünk bele a részletekbe. Már csak azért sem, mert akkor a szív kialakulásáról is kellene beszélnünk, ami újabb részletekhez vezetne.

A részletek elhagyása azért is kívánatos, mert bizony amúgy is igen sok névvel leszünk kénytelenek megismerkedni. A néváradatot kezdjük azzal, hogy az elölkopoltyús csigák (*Prosobranchia*) alosztályának 3 rendjét soroljuk föl: *Archaeogastropoda, Mesogastropoda, Neogastropoda*, magyarul: — némi szabadossággal — ősi-, közép- és újcsigák.

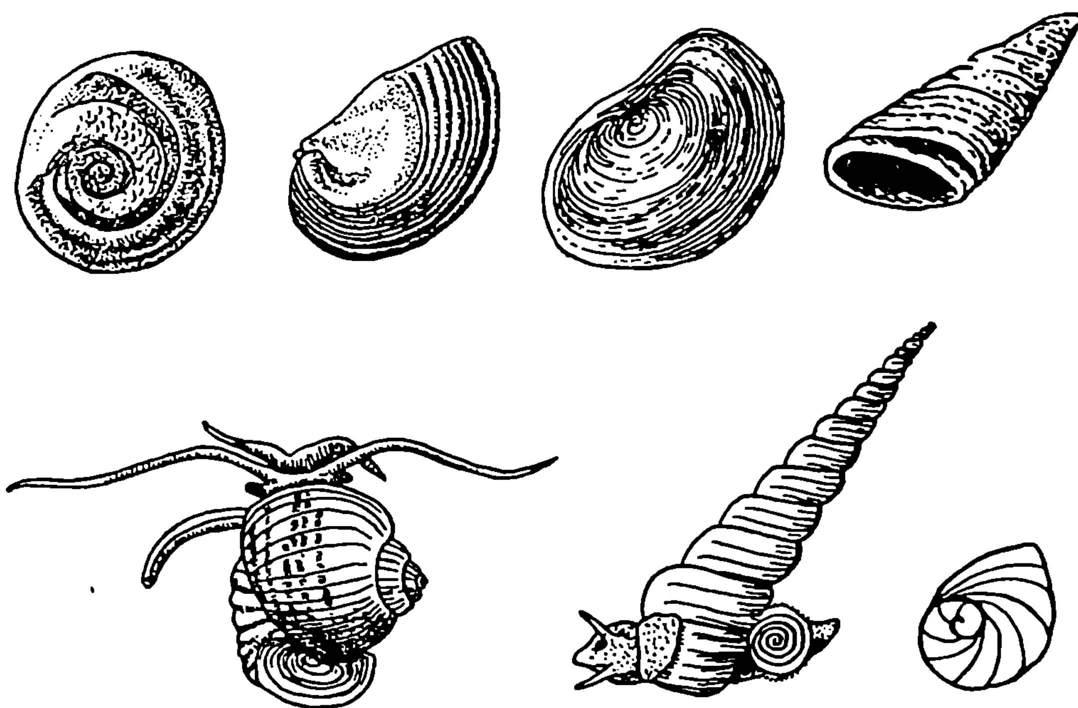
Az *Archaeogastropoda* rendre a ház sajátosságai közül az jellemző, hogy a szájnyílás ép, rajta nemhogy csurgó, hanem még csak csurgókezdemény sem figyelhető meg. Már említettük, hogy az ilyen szájnyílást a szaknyelv holostomnak mondja. Általánosságban azt is hangsúlyozhatjuk az ősi csigákkal kapcsolatban, hogy jól fejlett gyöngyházrétegük van. A ma élőket még további két nagy csoportra osztják a radula fogacskáinak kialakulása szerint, de mivel ez a jelleg az ősmaradványanyagon úgysem tanulmányozható, így csak annyit említünk meg, hogy *egyik rendszerezőjük szerint nem kevesebb, mint 10 főcsalád és 59 család különböztethető meg az „ősi csigák" sorában.* Az 59 családnak tekintélyes számú nemzetsége, a legtöbb nemzetségnek elég sok faja van. Az ősi csigák (*Archaeogastropoda*) különösen a földtörténeti ókorra jellemzők, de ma is bőven ismeretesek képviselőik. Alakjuk igen változatos lehet; vannak „valódi" csigaház alakúak, de erősen kiterült, sapka és csésze alakú formáik is. Néhány jellegzetes alakjukat megemlítjük.

A *Maclurites* nemzetség (79. ábra) példányai a földtörténeti ókor idősebb feléből ismeretesek. A *Maclurites* egyúttal alkalmat ad eddig még nem említett általánosságok felsorolására is. A kép olyan csigát ábrázol, amely házának szájnyílását szájfedő zárja el.

A csigáknak kétféle szájfedője is van. Ha a csiga a forró nyárban a kiszáradás ellen nyári, vagy télen a hideg ellen téli álomba merül, — lágy testét behúzza a házba, s annak nyílását kiválasztott meszes lappal bezárja. Ez a szájfedő az *epiphragma*. Amikor újra kezdi életműködését, ezt a szájfedőt ledobja. Az epiphragma általában nem fosszilizálódik. A másik fajta szájfedő, az *operculum* azonban fosszilizációra is alkalmas, mint a *Maclurites* rajzán is láthatjuk, már igen régi földtörténeti korokból is ismeretes. Anyaga vagy conchyolinból, vagy kalciumkarbonátból, vagy mindkettőből állhat. Talán fölösleges is megjegyezni, hogy a szerves conchyolin nem fosszilizálódik, csak a kalciumkarbonát. Az operculum állandó szájfedő, amely a ház nyílását a külvilágtól mindig elzárja, ha az állat lágy testét visszahúzza a házba. Néhány formáját a 80. ábra mutatja be. Ez a rajz egyébként azt is elárulja nekünk — főleg a *Littorina* szájfedőjének a vizsgálata alapján —, hogy a szájfedő spirális növekedése logaritmikus függvény szerint történik. Ugyanez áll egyébként magára a házra is. De azt is megfigyelhetjük ezeken a szájfedőkön, hogy a spirális csavarodás a ház felcsavarodásával ellentétes irányú.



79. ábra. A földtörténeti ókorban élt és szájfedővel ellátott Maclurites *példányai is ismeretesek* (Moore, Lalicker—Fischer *nyomán*)

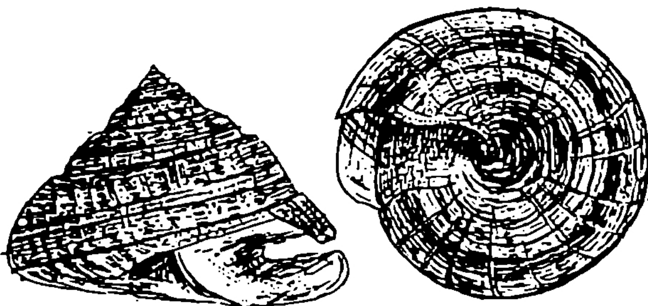


80. ábra. A felső sor és a jobb alsó ábra szájfedőket, operculumokat ábrázol (Turbo, Natica, Viviparus, Ceratopea *és* Littorina *operculumok); lent balra =* Ampullaria *háza és lágy teste, s rajta a szájfedő; lent középen = ma élő* Turritella (Easton *nyomán)*

A *Maclurites* első pillantásra úgy tűnik, mintha balra csavarodott házú lenne, de éppen a szájfedővel együtt megtalált példányok alapján igazolható, hogy ez a feltevés helytelen.

A szájfedő tehát, amely sok elölkopoltyús csigán megvan, sokszor szolgálhat értékes felvilágosítással. Különösen jellegzetes alakú operculumoknak az alapján sokszor a faj is meghatározható.

Az ősi csigák *(Archaeogastropoda)* sorában egy további nevezetes csoportot alkotnak a rendszerint elég széles alapú kúpra emlékeztető *Pleurotomaria*-félék. Jellemzőjük a rés és a jól fölismerhető résszalag (81. ábra). Ennek a csoportnak számos alakja van s így a *Pleurotomaria*-félék földtörténeti elterjedése nagyon hosszú időre nyúlik vissza. Első képviselőik már a földtörténeti ókor elején megjelentek s néhány alakjuk még ma is él.

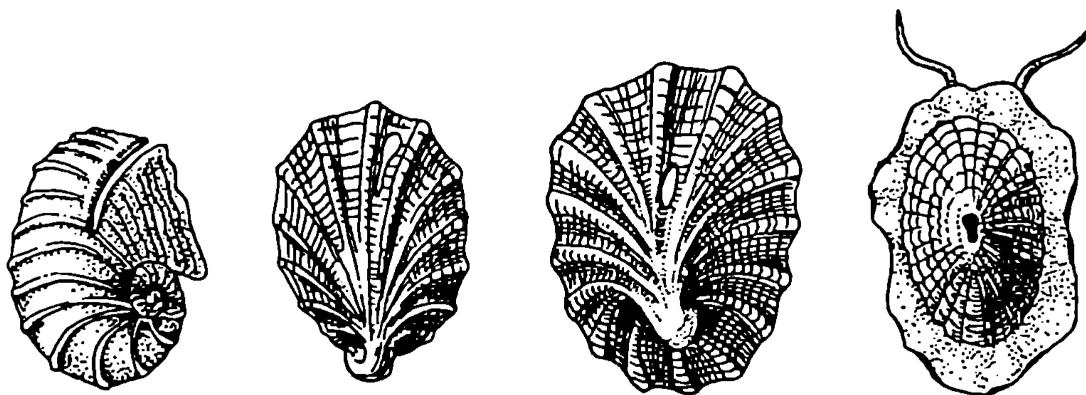


81. ábra. Résszalagos csiga: Pleurotomaria *oldal- és alulnézetben* (Wenz *nyomán)*

A *Pleurotomariá*nak magyar vonatkozásban is van érdekessége. A Budai-hegységben az óharmad időszak folyamán képződött márgából (amelyet budai márgának neveztek el) a magyar földtani tudományok hőskorának egyik legkitűnőbb képviselője, *Hofmann* Károly írt le olyan *Pleurotomaria* fajt, amelyet semmiféle eddig ismert alakkal nem tudott azonosítani. Ezért az új fajnak a *Pleurotomaria budensis,* vagyis budai *Pleurotomaria* nevet adta.

Bár közeli rokona a *Pleurotomariá*nak, megjelenési alakjában mégis elüt tőle a *Haliotis.* Szélesen kiterült, fül alakú házáról már mint hamutálcáról is megemlékeztünk. A rés csak tökéletlenül tömődik el s így résszalag helyett nyílássor jelzi az egykori rést. Első képviselői a krétában jelennek meg, de csak a miocéntól kezdve válik gyakoribbá ez az erősen fejlett gyöngyházréteggel jellemzett alakkör.

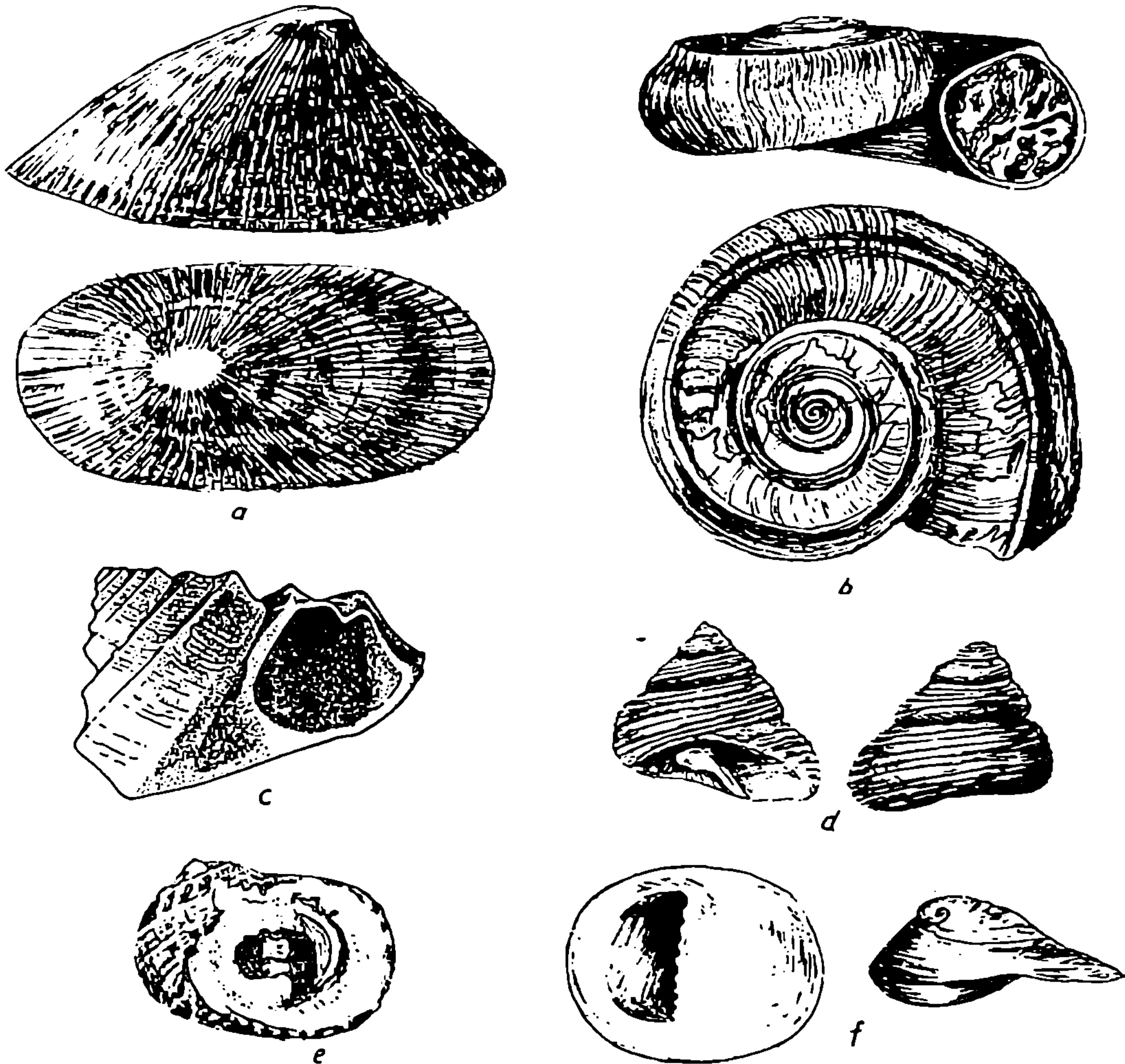
A réssel kapcsolatban a *Fissurella* nemzetséget szeretnénk még bemutatni (82. ábra). A kép jól szemlélteti, hogy a fiatalkorú állapottól hogyan helyeződik át a végbél kivezetésére szolgáló rés az alig becsavart teknő felső részébe.



82. ábra. A Fissurella *egyedi fejlődése jól mutatja (balról jobbra) a résszalag fokozatos módosulását, és a résnek a ház középső részére történő eltolódását* (Easton *nyomán)*

A földtörténeti ókor gyakori alakjai az *Euomphalus*-félék (83. ábra, *b*). Utolsó képviselőik a krétában pusztulnak csak ki. Házuk igen jellegzetes alakú s így könnyen fölismerhető. A fiatalabb kanyarulatok alig födik az idősebbeket. Többnyire laposan csavarodott föl, de néha kissé be is süllyednek az idősebb kanyarulatok.

A csészecsiga *(Patella)* az Európa körüli tengerek parti sávjában igen gyakori alak, amely néha gyermektenyér nagyságúra is megnő (83. ábra, *a*). Sem rés nem figyelhető meg házukon, sem pedig nyílás a csúcson. Csésze vagy sapka alakúak. A különböző fajok külső díszítése eléggé erősen eltérő lehet: vannak aránylag finom díszítéssel ellátott alakjaik, de olyanok is, amelyeknek főleg a csúcsból kiinduló bordáik fejlettsége igen tekintélyes. A *Patella* széles lábának tapadókorongjával olyan erősen tapadhat, hogy néha csak 15 kg súllyal megterhelve válik el az aljzatról. Egyébként még azt is megemlíthetjük erről a csigáról (amelynek rokonsága ugyan már a földtörténeti középkorban is élt, de nagyobb formagazdagságra csak az újkorban tett szert), hogy



83. ábra. Archaeogastropoda — a = *tányércsiga vagy* Patella *oldal és felülnézetben;* b = *a majdnem egy síkban felcsavarodott* Euomphalus *a szájnyílás felől és felülnézetben;* c = Trochonema; d = Trochus *a szájnyílás felől és az ellenkező oldalról nézve;* e = Neritina *a szájnyílás felől;* f = Velates *alul- és oldalnézetben* (Wenz, Moore—Lalicker—Fischer, M. Hörnes *és* Morley—Davies *nyomán)*

alakját nagymértékben befolyásolhatja az aljzat, amelyhez tapad, és a víz mozgatottsága.

A *Pleurotomaria*-félékből származtatják a földtörténeti ókorra jellemző, de még a mezozóikumban is előforduló *Trochonema*-féléket (83. ábra, *c*). Alakjuk erősen emlékeztet a *Pleurotomaria* házaira, de sem rés, sem résszalag nincs a házukon. Rokonságába tartozik az *Eunema* is, amely kanyarulatainak alakjával még mindig *Pleurotomaria*-jellegű, de a ház egész alakja már sokkal karcsúbb. A *Trochonema*-félékből származnak a *Trochus*-félék. Ezek csak a földtörténeti középkorban terjednek el, s alakgazdagságuk a földtörténeti újkor folyamán bontakozott ki nagyobb mértékben. A *Trochus*-féléken már kevésbé szembeötlő a *Pleurotomaria*-félékkel való rokonság, de az ősi csiga (*Archaeogastropoda*) jellegeket házuk igen világosan tünteti föl: szájnyílásuk teljesen ép, gyöngyházrétegük erősen fejlett. Megemlítjük még azt is, hogy sok alakjuk a tengervíz sótartalom-változására csak nagyon kevéssé érzékeny, s ezért képviselőik a csökkent-sósvízi tengerek üledékeiben is gyakran megtalálhatók, így pl. nálunk a felső miocén, vagyis a szarmata emelet képződményeiben.

A *Trochus*-félék nagy alakgazdagsága mellett természetes, hogy az idesorolt alakokat nagyon sok nemzetségben helyezik el, s így se szeri se száma a nevek tömkelegének. A gazdag csoportról csak általános képet (83. ábra, *d*) adunk, amely a *Trochus*-félékről némi fogalmat nyújt.

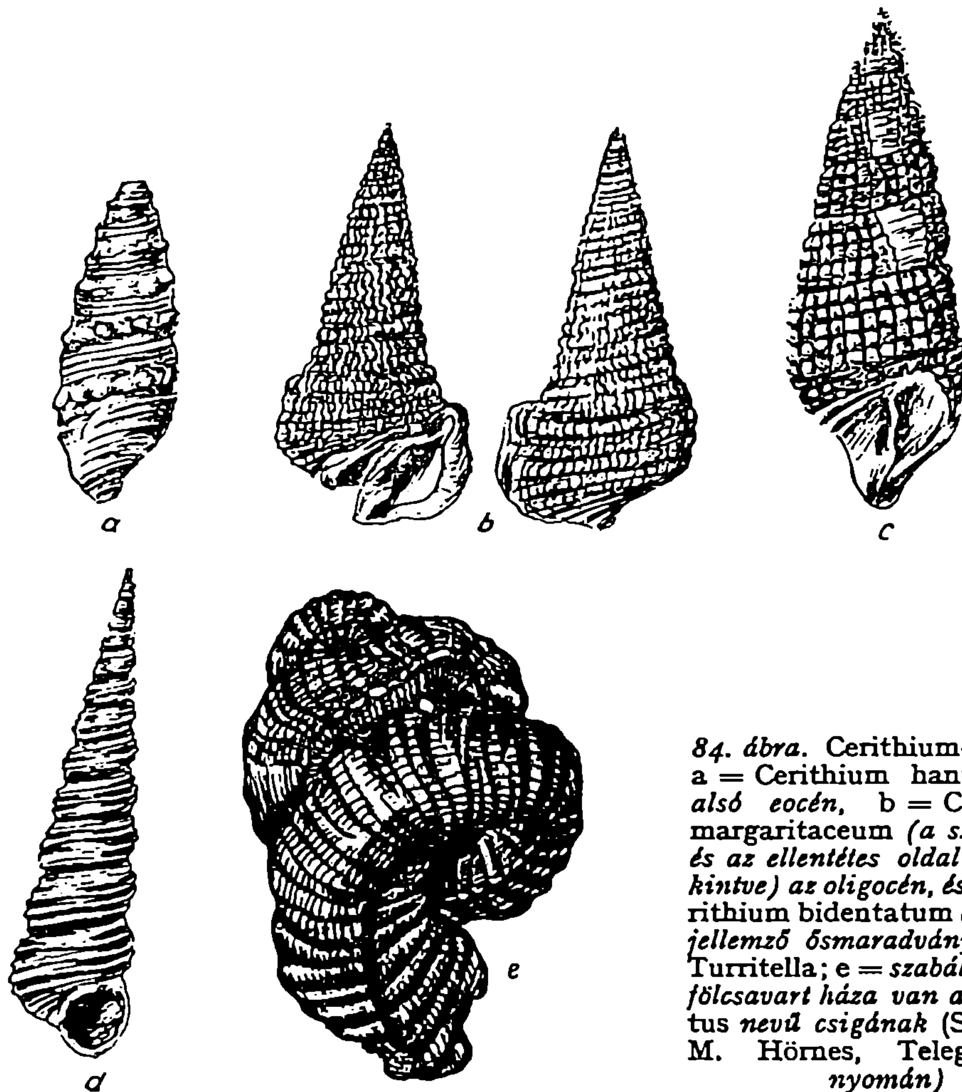
Az ősi csigák sorát most még két alakkörrel szeretnénk kiegészíteni. Mindkettőt az jellemzi, hogy néha fosszilis példányain is megtalálhatók a ház színeződésének nyomai, s így valóban érdekes ősmaradványok. Egyik a *Neritina* (83. ábra, *e*), amely az erősen csökkent sótartalmú vízben is megél. Elefántcsont színű házán barna vonalak rendkívül változatos mintázata figyelhető meg. Néhány évvel ezelőtt megpróbáltunk valamiféle rendszerességet fölismerni a rajzolatokban. Kísérletünk azonban nem sok eredménnyel járt, mert a sok száz példány díszítésében mintegy tucatnyi „alapminta" volt felismerhető, de ezek kombinálódása szinte határtalanul sokféle variánshoz vezetett.

A másik színes házzal is megmaradó csiga az eocénből ismert *Velates* (83. ábra, *f*). Ez már jóval nagyobb, mint a *Neritina*. Színezett példányai pedig sokkal ritkábbak. Nálunk a Dudar melletti eocénkorbeli barna kőszénbánya sok-sok pompás ősmaradványa között fordulnak elő színezett *Velates*-házak. Az alapszín barna, rajta pedig még sötétebb barna színben jól kivehető zegzugos rajzolat ismerhető fel. Dudaron kívül más eocénbeli képződményünkben is előfordul, de sehol sem ilyen szép színes példányokban. Jellegzetes alakja akkor is jól felismerhető, ha csak kőbél alakjában kerül elő.

De nézzük tovább a törzsfejlődés menetét. Az elölkopoltyús csigák második rendjeként a középcsigákat (*Mesogastropoda*) említettük. Mik azok a jellegek, amelyekben ezek magasabb törzsfejlődési fokot értek el, mint az ősi csigák? Ha ezt meg akarjuk állapítani, akkor először azt kell megtudnunk, hogy az ősi csigáknak vagy két kopoltyújuk van, vagy ha egy van, akkor a kopoltyúlemezek két sorban ülnek. A szívnek két pitvara van. A középcsigákon azonban már mindig csak egy kopoltyú látható. Ennek lemezei is csak egy oldalon vannak. Mindezek a jellegek a lágy testen figyelhetők meg. De vajon a házon is felismerhetők olyan jellegek, amelyek megkülönböztetik a középcsigákat az ősiektől? A szájnyílásban nincs különbség, mert a középcsigáké éppen úgy, mint az ősieké, épszélű, vagy amint a szaknyelv mondja: holostom. De mégis jól megkülönböztethetők a két rendbe tartozó alakok házai, mert a középcsigáknál nem találunk gyöngyházréteget. A tányér, csésze vagy sapka alakú ház itt már nagyon ritka, annál gyakoribb a tornyos termet, esetleg a már említett „helicoid" alak, azaz az éti csigáéra emlékeztető házforma. Tengeri, édesvízi,

sőt kivételesen szárazföldi alakok is szerepelnek közöttük. A földtörténeti ókorban már megjelentek. Számuk kezdetben csekély, aránylag hosszú földtörténeti időn keresztül alig gyarapszik formagazdagságuk, a földtörténeti középkor végefelé azonban erős fejlődésnek indulnak. A fejlődés üteme az újkor folyamán rohamossá válik, s ma formagazdagabb e csoport, mint korábban bármikor.

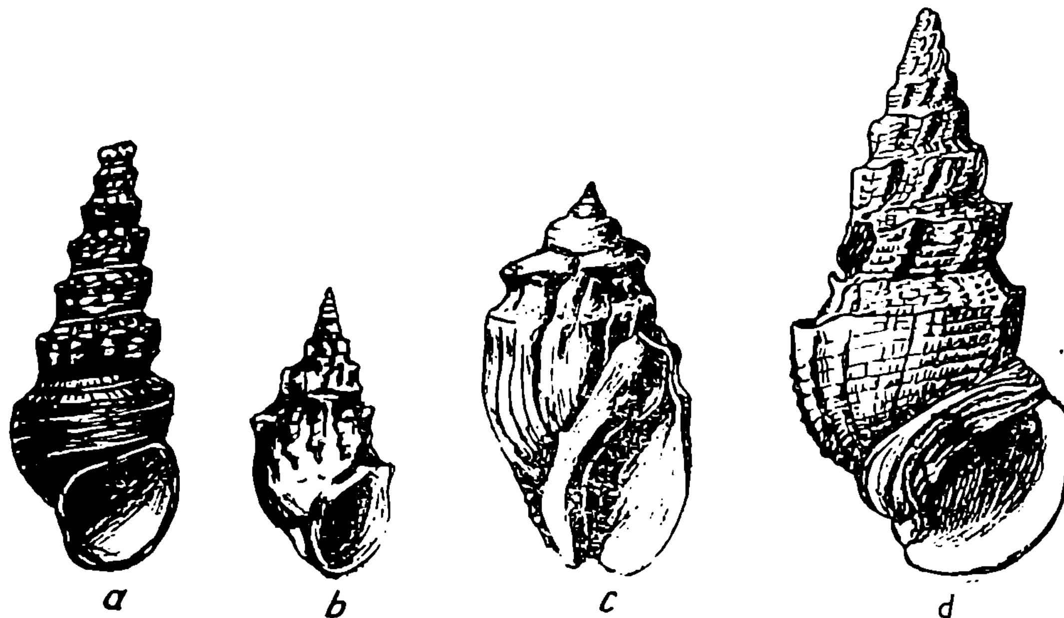
A sok-sok alak közül valóban csak néhány jellegzetes képviselőjüket említjük. Nagyon sok nemzetség és faj tartozik a *Cerithium*-félék közé. Ezeknek a változatosan



84. ábra. Cerithium-*félék* — a = Cerithium hantkeni *az alsó eocén,* b = Cerithium margaritaceum *(a szájnyílás és az ellentétes oldal felől tekintve) az oligocén, és* c = Cerithium bidentatum *a miocén jellemző ősmaradványa;* d = Turritella; e = *szabálytalanul fölcsavart háza van a* Vermetus *nevű csigának* (Szőts E., M. Hörnes, Telegdi-Roth *nyomán)*

díszített csigáknak rengeteg alakja ismeretes hazai harmad időszaki üledékeinkből; vannak közöttük szintjelzők is (84. ábra, *a, b, c*). Hazai miocénbeli alakjaikkal *Strausz* László nagy monográfia keretében foglalkozott. Rokonsági körükbe tartozik a toronycsiga *(Turritella)* is. Ennek a nemzetségnek is sok faja ismeretes, nálunk is tömegesen fordul elő (84. ábra, *d*). A féregcsiga *(Vermetus)* arról nevezetes, hogy háza kicsavarodik és szabálytalanul nő (84. ábra, *e*). A kiédesedett vizekben a *Melania* (85. ábra, *a*) gyakori, mint ahogyan nálunk is barna kőszén-telepes csoportjaink egyik jellemző csigája; azután a miocén-pliocén határán erősen változékony és nagy tömegben előforduló *Melanopsis* (85. ábra, *b, c*), valamint a Tinnye községről elneve-

zett *Tinnyea vásárhelyii* (85. ábra, *d*), amely nagy termetével is kitűnik rokonai között. A legfiatalabb harmad időszak édesvízi medencéiben élt a *Viviparus*, az elevenszülő csiga (86. ábra) nagy tömege. Házuk átalakulását a sima alakoktól az erősen díszítettekig csaknem minden őslénytani tankönyvben megtaláljuk.

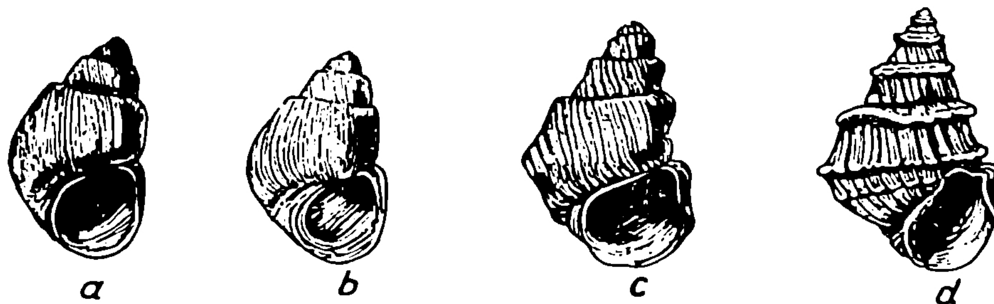


85. ábra. Csökkent sótartalmú vízben élő csigák — a = Melania; b = Melanopsis entzi, *a dunántúli pannonkori üledékeinkből ismeretes;* c = *a* Melanopsis martiniana *alakja nagyon változatos;* d = *a* Tinnyea vásárhelyii *nevű fajt* Hantken *írta le Tinnye község környékéről,* — *ma a* Brotia *nemzetségbe sorolják* (Wenz *és* Vitális *nyomán)*

Külön kötetet írhatnánk a *Nerinea* (87. ábra) nemzetségről, erről a jurára és krétára szorítkozó, tornyosházú, kevéssé díszített csigáról. Sajátságos módon a ház belső üregét mészréteg lerakásával igen különbözően, az egyes fajokra jellemzően megszűkítik. Ezért keresztcsiszolatuk fajonként nagyon eltérő képet mutat.

A középcsigák sokaságából még jelentős számban sorolhatnánk föl példákat, olyanokat is, amelyek magyarországi vizsonylatban is fontos szerepet játszanak.

Ehelyett azonban vizsgáljuk meg most azt a jelenséget, hogy milyen újabb fejlődési jellegeket figyelhetünk meg az újcsigákon *(Neogastropoda)*. Földtörténeti megjelenésükről annyit, hogy a kréta időszaktól találhatók nagyobb számban, bár legelső példányaikkal már a triászban is találkozunk. Éppen Magyarországról



86. ábra. A Viviparus*tól a* Tulotomá*ig vezető sor; ezt a sorozatot* Neumayr *mutatta ki Szlavóniából. Az* a *ábrán egészen sima alakot látunk, amely fokozatosan erősödő díszítést nyer, míg végül a* d *ábrán látható alak jön létre* (A. H. Müller *nyomán)*

került elő egy ilyen csiga, a Budai-hegység felső triászkori ún. dachsteini mészkövéből, amelyet *Kutassy* Endre talált meg, akit korán bekövetkezett halála akadályozott meg abban, hogy az érdekes leletet a tudományos világgal megismertesse. Így *Bartkó* Lajosra hárult ez a feladat, aki *Fusus noricus* néven írta le ezt a csigát (88. ábra).

Az újcsigák *(Neogastropoda)* lágy szervezetében — a középcsigákéval *(Mesogastropoda)* szemben — elsősorban az tűnik föl, hogy szifójuk van. Kialakul azután az



87. ábra. A jurára és krétára jellemző Nerinea (a) *különböző fajainál különböző módon szűkül meg a kanyarulatok belseje; ábránk az így keletkező jellegzetes rajzolatokat mutatja be* (A. H. Müller *nyomán)*

az „iszap-ízlelő" szervük *(osphradium)* is, amelyről már korábban megemlékeztünk. Végül pedig még azt is megemlítjük, hogy radulájukon az egy sorban ülő fogacskák száma kicsiny. A ház — mint a középcsigáké — itt is gyöngyházréteg nélküli. Az újcsigák szájnyílása azonban már csurgóval, kanálissal van ellátva *(siphonostom)*. Ez az a jelleg, amelynek alapján mind az ősi, mind a középcsigák házától az újcsigák háza jól megkülönböztethető.

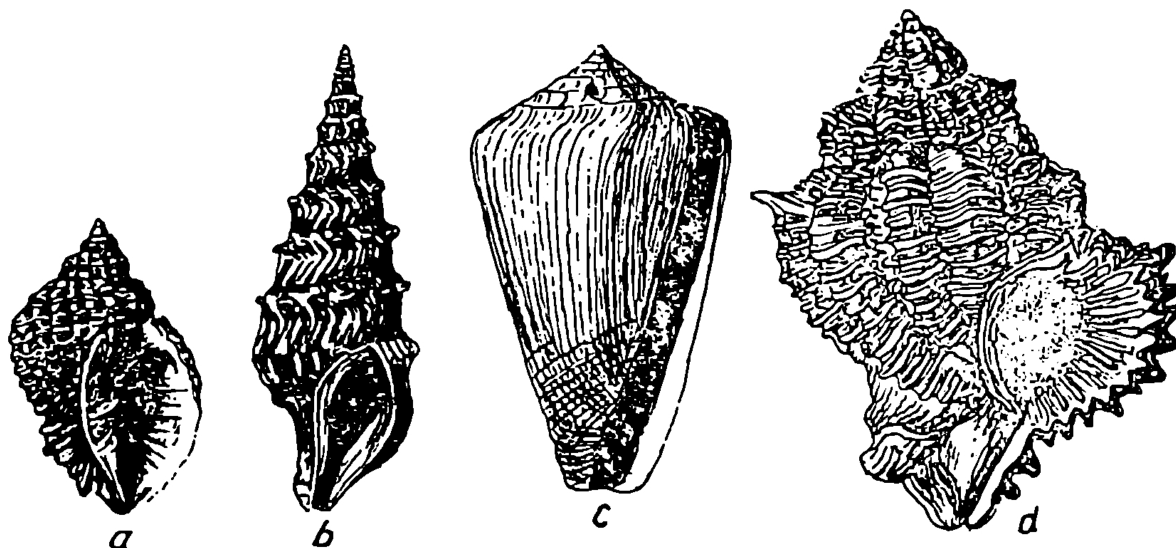
Az elölkopoltyús csigák fejlődése tehát az itt vázolt három szervezeti típuson keresztül jutott el mai fejlődési fokáig, amikor kétségtelenül ezt a legmagasabb fejlettségi fokot elért újcsigák *(Neogastropoda)* játsszák az elölkopoltyúsok sorában a legfontosabb szerepet. Persze ez is annyira formagazdag csoport, hogy éppen csak néhány képviselőjét tudjuk megemlíteni. A *Cancellaria* (89. ábra, *a*) a zömökebb termetű, többnyire eléggé díszes házú csigák sorába tartozik. Azt a formakört, amely orsó alakú házzal ellátott csigákat foglalt magában és *Pleurotoma* néven foglalták össze, az újabb rendszerek annyira széttagolták, hogy maga a *Pleurotoma* név sem maradt meg, mert az elsőbbségi jog alapján a *Turris* névvel kellett helyettesíteni. A régi értelemben vett *Pleurotomák* legnagyobb része a *Clavatula* (89. ábra, *b*) nemzetségbe került. Kettős kúp formájúak a *Conus* nemzetség (89. ábra, *e*) alakjai. A *Fusus* egyik ősi képviselőjéről már megemlékeztünk. Nagyon gazdagon díszített házukkal a *Murex*-félék (89. ábra, *d*) tűnnek ki még az újcsigák sorából. Több alakot azután már nem is említünk, mert se szeri, se száma az ide tartozó fajoknak.



88. ábra. A Fusus noricus *a csurgóval ellátott legősibb csiga, a Budai hegység dachsteini mészkövéből* (Bartkó L. *nyomán)*

Nézzük meg a fejlődés menetét a csigák másik nagy csoportjában: azokon, amelyekben az idegpályák „visszacsavarodottak", s ahová a csigák — mint már láttuk — két alosztályát soroljuk. Az egyik alosztályt a hátulkopoltyúsok *(Opisthobranchia)* alkotják: a visszacsavarodás következtében nem-

csak az idegpályák párhuzamos lefutása következik be, hanem az elölkopoltyúsok egyetlen megmaradt kopoltyúja a szív mögötti helyzetbe kerül. A meglevő egyetlen kopoltyúnak a szív mögötti elhelyezkedésére vonatkozik az alosztály hátulkopoltyús *(Opisthobranchia)* megjelölése. A csigák törzsfejlődésében ez a „visszacsavarodási törekvés" aránylag nagyon korán kialakul: már a földtörténeti ókorban. A karbontól kezdve ismerünk olyan csiga ősmaradványokat, amelyeket a hátulkopoltyúsok közé kell sorolnunk. A hátulkopoltyúsok nagy többségén megfigyelhető a ház visszafejlődési irányzata. Sok közöttük a meztelen csiga. Operculumuk soha nincs. Gyakori a vissza-



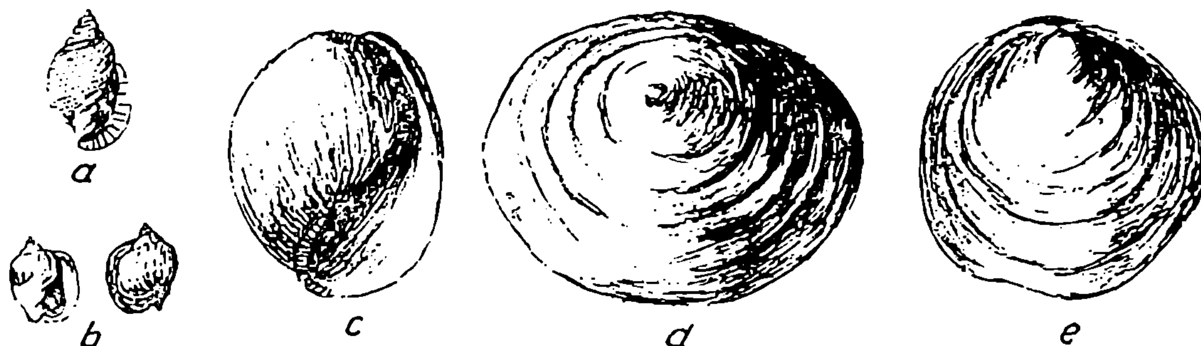
89. ábra. A Neogastropodák *néhány jellegzetes alakja* — a = Cancellaria; b = Clavatula *(régebben* Pleurotomá*nak mondták);* c = Conus; d = *az igen díszes* Murex (M. Hörnes *nyomán)*

fejlődési irányzat következtében az olyan ház, amelynek utolsó kanyarulata az előzőket teljesen körülöleli, s az így körülölelt idősebb kanyarulatok mészanyaga néha fel is oldódik.

Ennek az alosztálynak is több rendje van, de ezek közül majd csak az egyikkel foglalkozunk részletesebben. Itt csak az *Actaeonella* nevű nemzetségre (90. ábra, *a*) szeretnénk felhívni a figyelmet, amely aránylag nagy termetű, kúpos házú csiga, és a krétában elég gyakori maradvány. Kisebb termetű a *Ringicula* (90. ábra, *b*), amely elsősorban duzzadt külső ajkával tűnik ki. Fajokban eléggé változatos a becsavarodott házú *Bulla* (90. ábra, *c*). Ugyancsak a hátulkopoltyúsok közé tartoznak azok a maradványok is, amelyeket a palóc föld szerelmese és évtizedeken keresztül térképező geológusa, id. *Noszky* Jenő a Budai-hegység oligocénkori agyagmárgájából, az ún. kiscelli agyagból írt le.

Mivel e maradványok esernyőre emlékeztetnek — az esernyő latin neve után az *Umbrella* nevet kapták. Miután pedig *Noszky* Jenő szerette *Mikszáth* Kálmánt és a Szent Péter esernyője c. regényét, így az előkerült új fajok egyikét *Umbrella mikszáthi*, másikát meg *Umbrella sancti-petri* néven írta le (90. ábra, *d*, *e*).

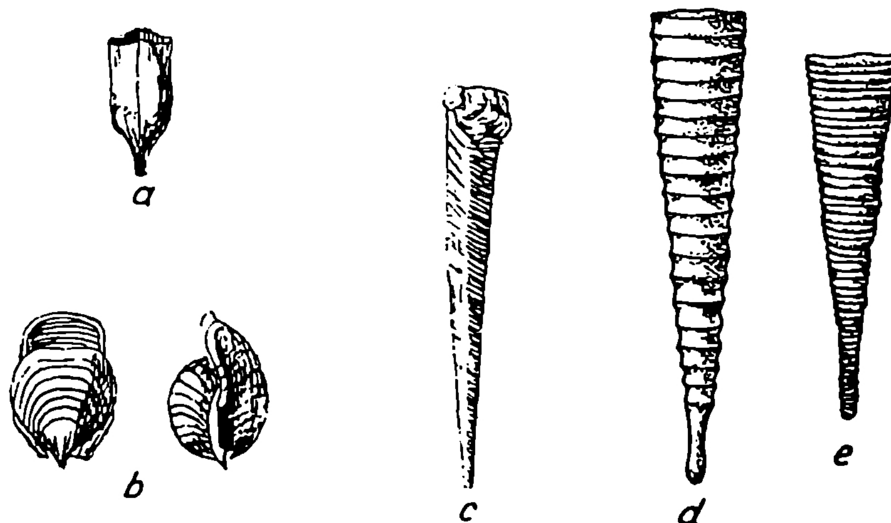
Van azután a hátulkopoltyús csigáknak egy egészen sajátságosan módosult rendje is, a tengeri pillangók *(Pteropoda)*. A csigák lába ezeken az alakokon a test két oldalán elhelyezkedő szárnyszerű képződménnyé alakult át, s innen kapták mind magyar nevüket, mind a szaknyelvi megjelölést (a Pteropoda szárnyaslábút jelent). A láb két részre osztódásának kezdeti jele a hátulkopoltyúsoknak már más



90. ábra. A hátulkopoltyús csigák néhány képviselője — a = Actaeonella; b = Ringicula *a szájnyílás felől és az ellenkező oldalról nézve;* c = Bulla, *amelynek utolsó kanyarulata az előzőket teljesen körülnövi;* d = Umbrella mikszáthi; e = Umbrella sancti-petri (M. Hörnes *és* id. Noszky J. *nyomán)*

alakjain is megfigyelhető, itt azonban tökéletessé válik. Megint a fejlődésnek egy újabb irányát látjuk! A tengeri pillangók általában igen apró termetűek. Az óceánoknak a partoktól távollevő területein azonban ezek az apró szervezetek óriási tömegben élnek. Nagyobb részük váznélküli, de vannak vázzal bíró alakjaik is. A váz az állat elpusztulása után az óceáni mélységekben pteropodás iszap, jellegzetes mélytengeri képződmény alakjában halmozódik föl. A tengeri pillangók tehát nagyobbrészt váznélküliek, a házzal bírók meg a mélytengerekben élnek. Márpedig a földtörténeti múlt mélytengeri üledékei alig-alig ismeretesek Földünk felszínén. Ezzel magyarázhatjuk, hogy a tengeri pillangók vázai az ősmaradvány-anyagban nem nagyon gyakoriak. Néhány típusukat a 91. ábra (*a, b*) mutatja be.

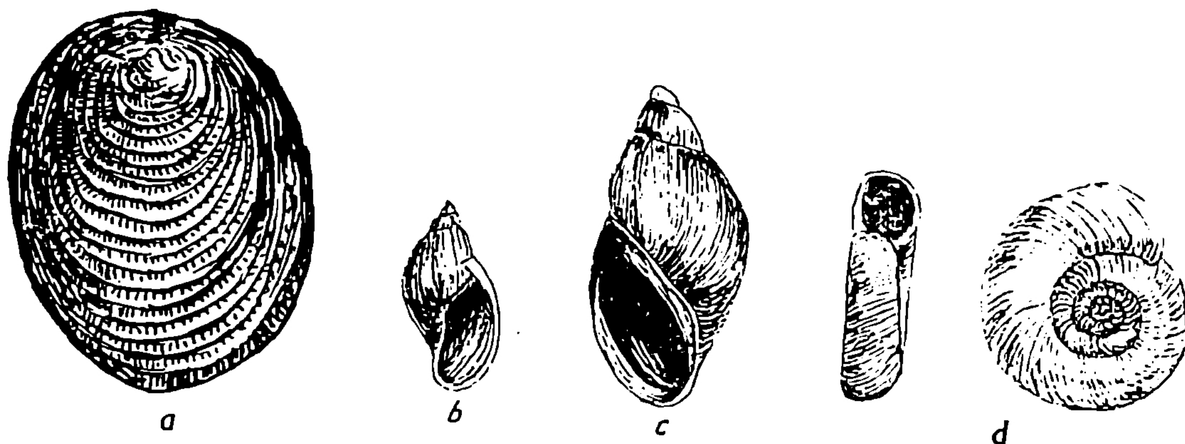
A földtörténeti múlt néhány kihalt, de jellegzetes alakját is ide szokták sorozni. Így a *Hyolithes* (91. ábra, *c*) nevű, „stanicli" formájú alakot, amelynek mészváza néha a 9 cm hosszúságot is eléri. A mészváz keresztmetszete hol tojásdad— hol félkör, hol meg háromszög alakú. Érdekes módon fedőjük is van, mely körkörösen díszített.



91. ábra. Tengeri pillangók képviselői — a = Vaginella és b = Cavolinia *két nézetben; bizonytalan rendszertani helyzetűek, de a tengeri pillangók közé sorolták hosszú időn át a* c = Hyolithes *és* d—e = Tentaculites *néven leírt maradványokat* (Telegdi-Roth K. *és* A. H. Müller *nyomán)*

A kitűnő cseh paleontológus, *Zazvorka* részletesen foglalkozott a *Hyolithes*ekkel, mert ezek fő elterjedése a földtörténeti ókorra, annak is a legelejére, a kambriumra esik. Már pedig Csehország területén a kambriumi képződmények nagyon elterjedtek, s így aránylag sok *Hyolithes* maradvány is előkerült. Éppen ez az ősi megjelenési idő vált ki bizonyos kételyt az irányban, vajon joggal helyezzük-e ezeket az alakokat a tengeri pillangók sorába. Az újabb irodalom számos ellenvetést tartalmaz, de a megoldások ott sem sokkal meggyőzőbbek.

Ugyancsak bizonytalan a rendszertani helyzete azoknak a maradványoknak is, amelyek az alsó ordoviciumtól a felső devonig kerülnek elő, s néha tömegesen fordulnak elő. Ezek a *Tentaculites*-félék (91. ábra, *d-e*). A megnyúlt, hosszúkás mészvázak rendszerint csak néhány milliméter hosszúságot érnek el, ritkábban centiméteresek.



92. ábra. Tüdőscsigák néhány képviselője — a = Valenciennius, *pannóniai rétegeink nagyon jellegzetes alakja;* b = Lymnaeus; c = *a balracsavarodott házú* Physa; d = *a tányércsiga,* Planorbis *két nézetben* (S. Brusina *és* M. Hörnes *nyomán)*

Újabban ezeket is más csoportokkal hozzák kapcsolatba, de szintén nem teljesen meggyőző érveléssel.

Magunknak sem szilárd meggyőződésünk, hogy akár a *Hyolithes*, akár a *Tentaculites* valóban rokonsági kapcsolatba hozhatók-e a tengeri pillangókkal, mert hiszen teljesen kihalt csoportok, s életidejük is azellen szól, hogy tengeri pillangókat lássunk bennük, mert a földtörténeti ókor ez ősi szakaszaiban a csigák fejlődése még nem érhette el a tengeri pillangók állapotát. De hát a régebbi irodalmi adatokra támaszkodva, itt tárgyaljuk ezeket a formákat, mert az újabb adatok sem nyújtanak meggyőzőbb bizonyítékokat.

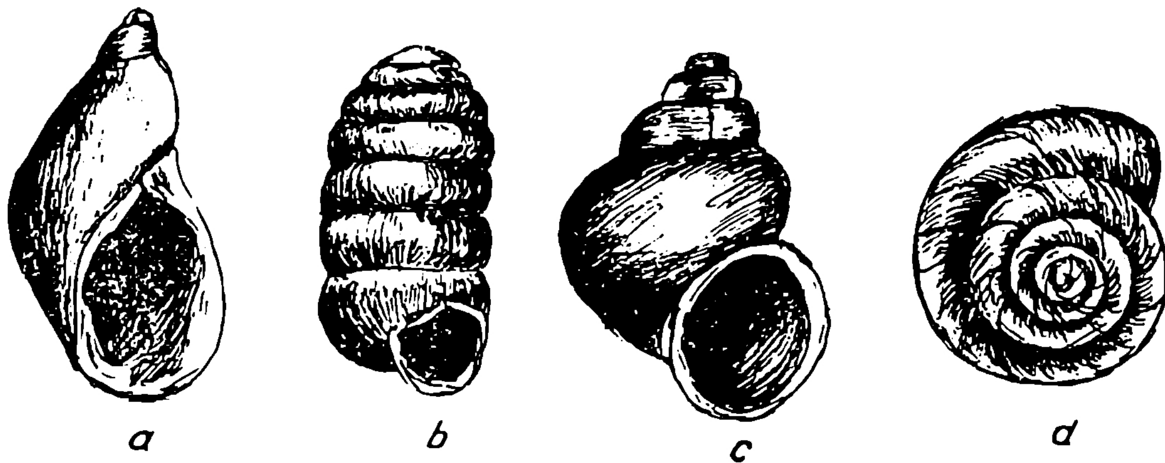
Ezek után pedig nézzük meg a csigák harmadik nagy csoportját, a mintegy 7000 élő, és kb. 1000 kihalt fajjal képviselt tüdős csigák *(Pulmonata)* alosztályát. Ezek kopoltyúja már teljesen visszafejlődött, s helyette a köpenyüreg falának véredényekkel sűrűn átjárt része mint „tüdő" végzi a gázcserét. Nagyobbrészt szárazföldiek, kisebb csoportjuk édesvízi. Állandó szájfedőjük nincs, de gyakran választanak ki téli álom idejére epiphragmát.

Az alosztályon belül a szemek elhelyezkedése szerint megkülönböztethetünk két rendet. Az ülőszeműeken *(Basommatophora)* a szemek a tapogatók tövében találhatók. Ezek sorában érdekes a *Valenciennius*, amely az akváriumokból is ismert, jobbra csavarodott házú mocsári csiga, a *Lymnaeus* rokonságába tartozik, és a pliocénban élt (92. ábra, *a, b*). Nálunk is gyakori maradvány, és különösen mélyfúrásaink pannóniai anyagában található gyakrabban. Balra csavarodott házú a

Physa, s majdnem egy síkban fölcsavart a tányércsiga *(Planorbis)*, melyek ugyancsak elég közismertek, szintén az akváriumokból (92. ábra, *c*, *d*).

A nyeles szemű tüdős csigák *(Stylommatophora)* közismert képviselője az éti csiga *(Helix pomatia)*. A rendnek azonban, amelybe tartozik, a legfiatalabb földtörténeti múltból is számos maradványa van. De nézzük meg először, miért nevezzük ezeket nyeles szeműeknek.

Azt hiszem, minden olvasónk tartott már a kezében éti csigát, s tudja, hogy tapogatói végén fekete pont látszik. Nos, ez a fekete pont a szem, amely tehát ezen a csigán nem a tapogató tövében, hanem a végén helyezkedik el. Ilyenek voltak azok



93. ábra. Löszcsigák — a = Succinea; b = Pupilla; c = Bythinia; d = Helicella (Rotarides M. *nyomán)*

az előbb említett alakok (a legfiatalabb földtörténeti múltból), amelyek nálunk különösen a löszben, a pleisztocén szárazföldi üledékében találhatók — helyenként jelentős tömegben. Nálunk eleinte *Rotarides* Mihály (1893—1950) foglalkozott ezekkel a löszcsigákkal, igen behatóan, újabban pedig *Horváth* Andor, aki a szegedi egyetemen az Alföld löszcsigáinak (93. ábra) részletes vizsgálatát végzi.

Ezzel végére is értünk a csigák fejlődéstörténetének. Láttuk, hogy ezúttal is hosszú évszázmilliókra terjedő idő történetét öleli föl ennek a csoportnak az élete. Láttuk, mint jelentek meg először a még szimmetrikus házú és valószínűleg belső szervezettségükben is részarányos alakok. Milyen változásokat hozott magával a lágy test meghajlása, majd megcsavarodása, amely az elölkopoltyús csigák nagy formagazdagságú alakkörének kifejlődéséhez vezetett. Nyomon követtük ennek a fejlődési sornak a származási viszonyát, alaktani átalakulásait. De láttuk azt is, hogy a csigák törzsfejlődésének már korai szakaszában bekövetkezett a visszacsavarodás is, amely egy másik származási ág kialakulását tette lehetővé. Ez az ág csakhamar kettévált; létrejöttek a tulajdonságaikban erősen változó hátulkopoltyús alakok és a tüdős csigák. Mindez a sokféle alak ma is él s fejlődik tovább a földtörténet még ismeretlen jövő szakaszai felé.

Honnan kerül a kanárimadár kalitkájába a „szépiacsont"?

A kanárimadarak kalitkájában gyakran látunk himbálózni hosszúkás, tojásdad alakú lemezt. Állatkereskedésekben ezt „szépiacsont" néven árulják a kanárimadarak számára. Mondjuk meg nyomban, hogy nem csontról, hanem puhatestű állat vázáról van szó. A szépia, amelyet magyarul tintahalnak is neveznek, éppúgy a puhatestűek birodalmába tartozik, mint a folyami kagyló vagy a kerti csiga. A puhatestű állatok törzsének azonban egy újabb osztályába: a lábasfejűek *(Cephalopoda)* közé.

A lábasfejűeket tekintik a puhatestűek törzsén belül a legmagasabb törzsfejlődési állapotot elért osztálynak. Lágy testük felépítésében több olyan jellegzetesség ismerhető föl, amely élesen különbözik a többi puhatestű osztály képviselőinek sajátosságaitól. Ilyen mindenekelőtt az idegrendszerük. A fejtájékon található idegdúcot nagyfokú fejlettsége miatt agydúcnak szokás nevezni. Érzékszerveik közül szemük is olyan fejlett, hogy szinte már a gerincesek szemére emlékeztet. A csigák és kagylók hasi oldalon elhelyezkedő lába is messzemenően módosult. A láb a test mellső része felé tolódott el. Egyik része ún. karokra tagolódott; ezek a fejen, a szájnyílás körül helyezkednek el, míg a láb másik részéből a köpenyüregbe vezető tölcsér alakult ki. A tölcsér a puhatestűek többi osztályában éppúgy nincs meg, mint ahogyan a fejen sem találunk máshol karokat. A lábnak ez a módosulása okozza, hogy a lábasfejűek lágy testén az állattan művelői csak két testtájékot különböztetnek meg: a fejlábat és a zsigerzacskót. Köpenyük természetesen ezeknek is van, s így köpenyüregük is.

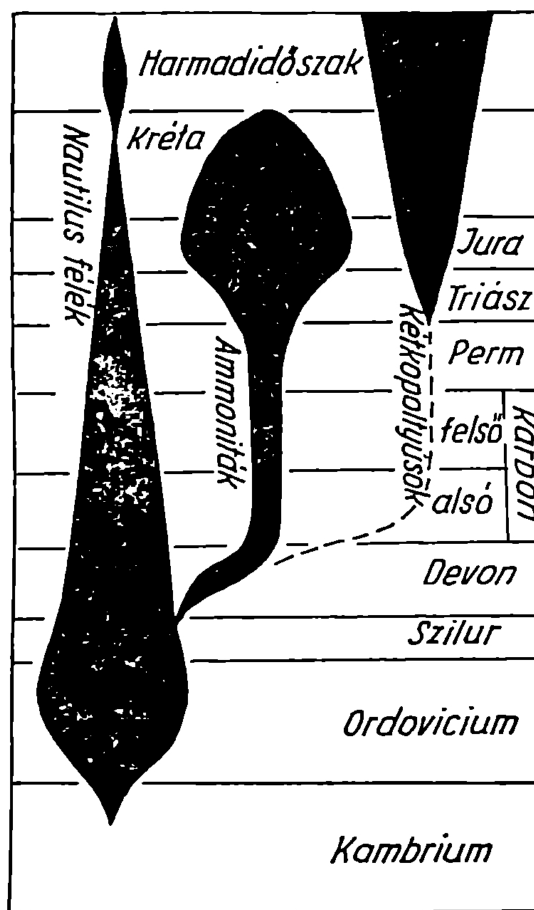
Ezeken az alaktani jellegeken kívül a lábasfejűek mozgása is lényegesen eltér a többi puhatestűétől. Míg azok mind lassú mozgásúak, esetleg planktonikus életmódot folytatnak, jó részük meg éppen rögzítetten él, addig ezek túlnyomó nagy többségükben aktívan tudják helyüket változtatni, azaz amint ezt műszóval mondjuk: *nektonikus*, a vízben szabadon mozgó életmódot folytatnak, s mozgásuk olykor villámsebes. Mindezek után nem csodálkozhatunk, hogy a lábasfejűeket a puhatestűeken belül a legmagasabb fejlettségű osztálynak tekintik.

Azt is meg kell azonban állapítanunk, hogy ez az osztály ismét két, egymástól lényegesen különböző további csoportra osztható. Ezeket a csoportokat a rendszertan alosztály kategóriáknak veszi. (Újabb amerikai rendszerek már 3 alosztályt különböztetnek meg, mi azonban itt a mai állatokkal foglalkozó kutatók szerint általában elfogadott két alosztályt különítjük csak el.)

A ma is élő állatoknak a lágy testre is kiterjedő vizsgálatai azt mutatják, hogy a már régi földtörténeti időkből is ismert típusokon négy, míg a földtörténetnek csak fiatalabb szakaszaiban megjelent alakköröknél már csak két kopoltyú látható. Ezen az alapon a négykopoltyúsok és a kétkopoltyúsok alosztályát szokás megkülönböztetni. Természetesen ez megint olyan sajátság, amely az ősmaradványokkal kapcsolatban nem tanulmányozható, mert hiszen a lábasfejűeknek a kopoltyúi sem fosszilizálódtak. Ez a jelleg azonban — legalábbis így gondolják a paleontológusok — egy-két ritka kivétellel az ősmaradványként megőrzött szilárd váz tekintetében is jól kifejezésre jut. Azok az alakok ugyanis, amelyek a lábasfejűek törzsfejlődésének még kezdetibb fokán állanak és négy kopoltyúval rendelkeznek, külső szilárd vázat viselnek, míg a törzsfejlődés előrehaladottabb állapotában levő kétkopoltyús alakok szilárd váza a lágy testen belül helyezkedik el. Így az őslénytan a négy- és kétkopoltyús alosztály megjelölését mellőzve — külső vázas *(Ectocochlia)* és belső vázas *(Endocochlia)* lábasfejűekről beszél (94. ábra).

E két alosztály elterjedése a földtörténeti múltban egészen más volt, mint ma. A régi földtörténeti időkben ui. nagy változatosságban éltek azok az alakok, amelyeket az előbbi csoportba sorolhatunk, míg az utóbbi csoport képviselői csak szórványosabban fordultak elő az ősmaradvány-anyagban. Ezzel szemben ma a külső vázas lábasfejűek csak nagyon szegényesen vannak képviselve az élők világában, míg a belső vázas alakok egyre nagyobb és nagyobb formagazdagságban szerepelnek.

A lábasfejűekről egységesen még azt is meg kell jegyeznünk, hogy valamennyien a tengerben élnek, s a tengervíz sótartalmának csökkenésére nagyon érzékenyek. Ha a sótartalom csökken, — a lábasfejűek elvonulnak az illető tengerrészből, vagy ha nincs módjuk a menekülésre, elpusztulnak. Jellegzetesen sztenohalin alakok tehát, éppúgy, mint az eddig tárgyalt állatcsoportok közül az egysejtű kovavázas sugárállatkák vagy a korallok, amelyekről annak idején ugyancsak megállapítottuk, hogy nem tudják elviselni a tengervíz sótartalmának a csökkenését.



94. ábra. A lábasfejűek származástani kapcsolatai és időbeli elterjedése és gyakorisága. A Nautilus-félék és az Ammonitesek a külső, a két-kopoltyúsok a belső vázasok közé tartoznak (A. H. Müller *nyomán)*

A törzsfejlődés elején tehát a váz az állatot kívülről veszi körül; éppen úgy védi a külvilág erőszakos behatásaival szemben, mint ahogyan ezt az eddig tárgyalt puhatestűek esetében láttuk. De az egy részből álló váz sajátosságaiban igen élesen különbözik az eddig megismert puhatestűekétől. A lágy rész ugyanis a váznak csak legfiatalabb részében helyezkedik el, az ún. lakókamrában, s ezt meszes fal, a kamraválaszfal választja el a váz többi részétől. Az idősebb rész maga is kamrázott, de ezeket a kamrákat csak gáz tölti ki. Nyilvánvaló, hogy ez a vázszerkezet a maga sajátságos fölépítésével egészen más mozgási viszonyokat biztosít az állat számára, mint a puhatestűek eddig megismert vázai. Hiszen már előbb is utaltunk arra, hogy a lábasfejűeknek a magasabb törzsfejlődési állapota helyváltoztatásuk módjában is megmutatkozik.

A lábasfejűek törzsfejlődése folyamán a sajátságosan kamrázott váz a lágy test belsejébe húzódik, különböző módosuláson megy keresztül, s így a mozgásnak is más és más módja alakul ki. A külső és belső vázas lábasfejűek megjelenési alakjában természetesen óriási különbségek vannak, de az osztályra jellemző bélyegek mindkét típuson jól felismerhetők.

A lábasfejűek legelső maradványai már az alsó kambriumból előkerültek. Észtországból, Lengyelországból és Kanadából is ismerünk az alsó kambriumból olyan maradványokat, amelyeket *Volborthella* néven írtak le. Aprók, mindössze talán ½ cm-es nagyságúak. A velük foglalkozó irodalom azonban annál tekintélyesebb. Máig is sokan vitatják, hogy ezeknek az ősmaradványoknak valamiféle köze lenne a

lábasfejűekhez. A kitűnő tübingeni professzor, Otto *Schindewolf* azonban meggyőző tanulmányban igazolta, hogy a *Volborthellá*kban valóságos lábasfejűt kell látnunk (95. ábra, *a*), mert hiszen vázának szerkezete mindazon bélyegeket magán viseli, amelyek a külső vázas lábasfejűekre jellemzők. A váz egyenes, fokozatosan táguló belvilága van, kamrázott, s a kamrák válaszfalát szifónyílások törik át. A váz vegyi összetétele is megegyezik a lábasfejűek vázáéval. A sajátságos csupán annyi az egész *Volborthella*-ügyben, hogy ezek az alakok csak az alsó kambriumból ismeretesek. A középső kambriumból semmiféle olyan maradvány nem került elő, amelyet valamilyen módon kapcsolatba lehetett volna hozni a lábasfejűekkel. Ezek viszont csak a felső kambriumban jelentkeznek, de persze már olyan alakokkal, amelyek a *Volborthellá*nál fejlettebb sajátságokkal rendelkeznek. Ezektől az alakoktól kezdve a lábasfejűek fejlődéstörténete már jól ismert, és nyomról nyomra követhető. A *Volborthellá*nak ez az időbeli elkülönültsége *Schindewolf*ot arra a gondolatra vezette, hogy ez nem lehet a későbbi lábasfejűek egyenes őse. Inkább amolyan előőrsként fogható föl. Hiszen tudjuk, hogy az élet roppant hosszú fejlődési szakaszának kellett már lejátszódnia a kambrium előtt, mert a kambriumban már sok olyan, nagymértékben specializált alakkal találkozunk, amelyek fejlettségi foka hosszú megelőző fejlődést tételez föl. Tudjuk, hogy a puhatestűek ősi alakjai is már a kambrium előtti időkben sokszorosan és sokfelé differenciálódtak. Így nem csodálkozhatunk azon sem, hogy a lábasfejűek egy képviselője a kambrium elején már megjelent, majd az alsó kambriumban ki is pusztult, míg igazán felvirágzó águk — a *Volborthellá*éval együtt valószínűleg közös őstől — csak később jelentkezik az élet történetében: a felső kambrium folyamán.

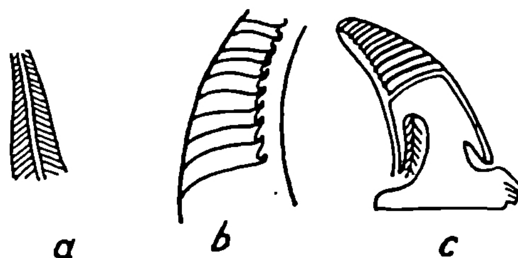
A *Volborthellá*val kapcsolatban azonban az előbb szifónyílásokról beszéltünk. Nézzük csak meg kissé közelebbről, mik is ezek a szifónyílások! Persze ahhoz, hogy a szifónyílásokról beszéljünk, először magáról a szifóról is kell beszélnünk. Említettük már előbb, hogy a lábasfejűek váza kamrázott s az állat lágy teste mindig csak az utolsó kamrát, a lakókamrát foglalja el. A lágy testet a köpeny veszi körül s ez érintkezik a lakókamra falával, amelyhez izomszalagok erősítik. A köpeny hátulsó részéből indul ki a szifó. Ez a kezdőkamráig követhető, s ennek falához az ún. előszifóval *(prosipho)* rögzítődik. Sajnos, szemrehányást kell tennünk az állatélettan művelőinek, hogy mindmáig nem adtak feleletet arra a kérdésre, mi az élettani feladata a lábasfejűek egész házon áthúzódó szifójának. Vagy talán nem is lenne egészen jogos ez a szemrehányás, mert bizony a ma élő *Nautilus*on ilyen kísérletek elvégzése szinte legyőzhetetlen akadályokba ütközik.

Az egyetlen ma is élő külsővázas nemzetség képviselői, a *Nautilus*ok ugyanis igen ritkán kerülnek élő állapotban a kutatók laboratóriumaiba. *Géczy* Barnabás, a lábasfejűekre vonatkozó irodalom legjobb magyar ismerője azt mondja, hogy mindössze két élő *Nautilus*ról találhatók följegyzések az irodalomban. Az egyik 2 napig, a másik 2 hétig volt életben akváriumban, azonban a szifó élettani feladatára vonatkozó vizsgálat ezekben az esetekben sem történt. Így hát itt csak azt a legáltalánosabban elfogadott föltevést említjük meg, amely szerint a szifó a lakókamra mögötti rész gázkamráit gázzal látja el. A gázkamrák az úszásban és lebegésben játszanak jelentős szerepet, s így a ma általánosan elfogadott vélemény szerint a szifó jelentősége elsősorban a helyzetváltoztatással kapcsolatos szerepében nyilvánul meg.

Ahhoz, hogy a szifó a lakókamra hátulsó végéből kiindulva egészen a kezdőkamráig haladhasson, természetesen az szükséges, hogy a kamraválaszfalakon nyílás legyen erre a célra. Ez a szifónyílás, amely előtt vagy mögött még ún. szifótölcsért is találunk. Azokban a lábasfejűekben, amelyeknek szifótölcsérje hátrafelé irányul, — a kamraválaszfal hátrafelé domború, és a szifónyílás a kamraválaszfal közepén he-

lyezkedik el. A kamraválaszfalnak a váz falával alkotott metszővonala általában egyszerű. De vannak olyan lábasfejűek is, amelyeknek szifótölcsérje előre irányul, a kamraválaszfal előre domború, a szifónyílások nem fekszenek a kamraválaszfal közepén, s az az előbb említett metszési vonal, amelyet kamravarratvonalnak (röviden lobavonalnak) nevezünk, bonyolultabb, a törzsfejlődés magasabb fokán igen erősen tagolódik. Ezek a jellegek lehetővé teszik, hogy a külső vázzal ellátott lábasfejűeket két jól megkülönböztethető csoportba soroljuk. A besorolás olyan jellegek alapján történik, amelyek a fosszilis anyagon is jól tanulmányozhatók. Ez egyébként annál is természetesebb, mert az első csoport jellegeit viselő állatok ugyan — kis változatosságban és nem nagy számban — még ma is élnek, azonban virágzásuk, alakgazdagságuk a földtörténeti múltba esik, a másik csoport jellegeivel felruházott alakok pedig csak a fosszilis anyagban fordulnak elő, mai képviselőik nincsenek. Az előbbi csoportot *Nautilus*-, az utóbbit pedig *Ammonites*-féléknek nevezzük.

Az előbb már emlegetett *Volborthella* a fenti tulajdonságok alapján a *Nautilus*-félék közé sorolható. A felső kambriumból előkerült lábasfejűek, de az ordoviciumbeliek is mind ezt a típust képviselik. Így azt mondjuk, hogy a lábasfejűek törzsfejlődése a *Nautilus*-félék rendjébe tartozó alakokkal indult meg. Az első képviselők persze jelentősen eltérnek a ma is élő típustól. Ha a felső kambriumi *Plectronoceras* (95. ábra, *b*, *c*) képét nézzük meg, azt látjuk, hogy ennek az ugyancsak kicsiny, ősi lábasfejűnek a háza kissé tülökszerűen hajlott.



95. ábra. Legősibb lábasfejűek — a = Volborthella; b = Plectronoceras *keresztmetszetben, és* c = rekonstruálva (A. H. Müller *nyomán)*

A *Volborthellá*hoz hasonlóan nyilván ez az alak is a tengerfenéken élt, s házát úgy hordta a hátán, mint a csigák. Talán még nem is volt igazi lábasfejű; alighanem a csigákéhoz hasonló lába volt még, amelynek segítségével mászott. Az ordoviciumból ez az alak már nem ismeretes, csak rokonai. De akkor már sok más, a *Nautilus*-féléket képviselő lábasfejű is élt. Ezek sorából sokat emlegetik a *Michelinoceras* (régebben egyenes alakja miatt inkább *Orthoceras*nak mondott) nemzetséget. Váza bot alakú, s egyes példányai 2 méter hosszúságot is elértek. Időbeli elterjedése is hosszú volt, mert utolsó alakjai csak a földtörténeti középkorban haltak ki, amikor is újabb fejlődési ág indult ki a *Michelinoceras* nemzetség formaköréből.

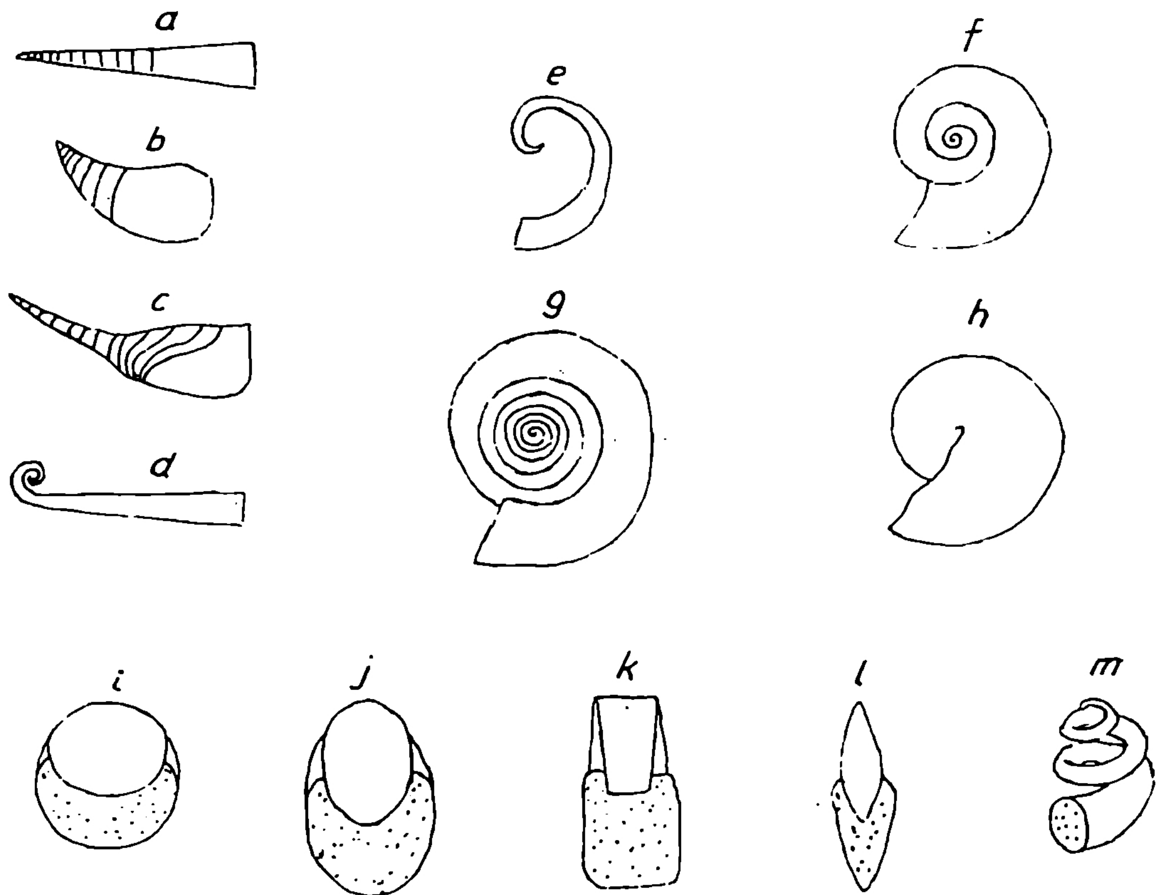
Az ordovicium és a rákövetkező szilur időszak egyébként a *Nautilus*-féle lábasfejűek törzsfejlődésének a virágkora. Hallatlan változatosságban — s mint a paleontológusok szokták mondani — gyors fejlődési ütemben jelennek meg egymás után a különböző típusok, amíg végül is létrejön az egy síkban fölcsavart alak, a ma élő *Nautilus*ra is jellemző vázforma (96. ábra). Az alakok változatos sokaságában talállunk tömpe, körte alakú formákat *(Gomphoceras)*; kissé meghajlottakat *(Gyroceras* és *Cyrtoceras)*; majd olyanokat, amelyeknek lakókamrája oldalra tolódik *(Ascoceras)*; csaknem becsavarodottakat *(Lituites)*; s végül egészen becsavarodott alakokat is.

Mindezek az alakváltozások változást jelentettek egyúttal a felhajtóerő és a gravitációs erő központjának az áthelyeződésében is. A gázkamrák kialakulása és az a tény, hogy a lágy test a lakókamrára szorítkozott, a különböző ház-alakok mellett természetesen jelentős szerepet játszott az egész állat egyensúlyi, tehát mozgási viszonyaiban is. A gázkamrák felfelé, a nehézségi erő pedig lefelé vonzotta az állatot mozgás közben, s így a mozgás az aktív vagy izommunka mellett ezeknek az erőknek is a hatása alatt állott. A sokféle ház-alak, a gázkamrák elrendeződése, a lakókamra

hossza — mind olyan tényezők, amelyek jelentős mértékben befolyásolják az állat helyváltoztatását. A sokféle alak tehát mind különböző mozgástípusnak felelt meg, s végül is a *Nautilus*-jellegű házépítés látszott a legmegfelelőbbnek, mert a többi típus hosszabb-rövidebb ideig tartó fejlődés után eltűnt, s egyedül a *Nautilus*-típus tartott ki mindmáig.

A *Nautilus*-félék egész élettörténetét talán ebben a pár sorban foglalhatjuk össze a legrövidebben. Mellettük azonban a szilurtól kezdve egy újabb típus is megjelenik: az *Ammonites*-félék.

Az első *Ammonites*-féle — éppúgy, mint a *Michelinoceras* — bot alakú. A bot latin nevéről *Bactrites* névvel jelölik. Ezek az alakok a permben is megtalálhatók még és egy másik jejlődési ág kialakulási pontjául is szolgálnak: a *Bactrites*t újabban a belső vázas lábasfejűek őseinek is tekintik. Viszont azt is meg kell állapítanunk, hogy sok őséletbúvár a *Bactrites*ben még a *Nautilus*-félékhez tartozó alakot lát. Az igazi *Nautilus*-típustól mindössze abban tér el, hogy szifónyílása nem a kamraválaszfal közepén található, hanem eltolódott a hasi oldal felé. S még egy elütő, már az *Ammonites*-félékhez tartozást jelző bélyeg állapítható meg ezen az alakon: a kamravarratvonalon megjelenik a szifó közelében egy hátrafelé irányuló ún. „lobus". Ezzel megindul

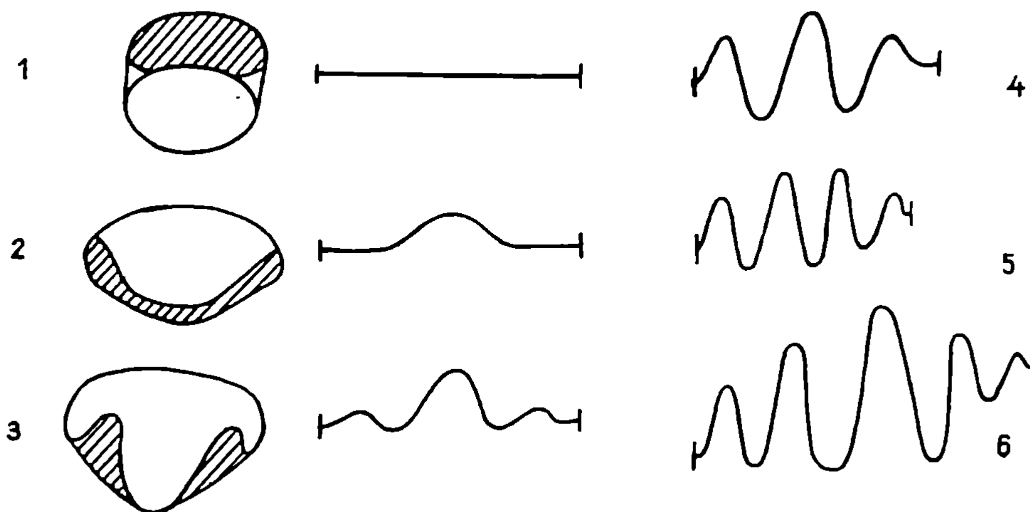


96. ábra. A Cephalopodák *vázának különböző típusai. Az ősi alak egyenes volt* (a *ábra), majd kissé meghajlott* (b—c), *aztán megindult a becsavarodás, amelynek kezdeti fokát a* d *és* e *ábra tünteti fel. Egy síkban felcsavart kezdeti alakokat mutat az* f—g—h *rajz. Ez utóbbinál az utolsó kanyarulat körülöleli az előzőket. A szájnyílás felől nézve a kanyarulatok alakja szintén különböző lehet* (i—l). *Az ún. mellék-alakokon a felcsavarodás csigavonalban történik* (m) (Beerbower *nyomán)*

az a folyamat, amely az *Ammonites*ek egész törzsefejlődésén keresztül követhető: a kamravarratok egyre bonyolultabb felépítése. A kamravarratvonal bonyolódottabb szerkezete természetesen együttjár magának a kamraválaszfalnak a bonyolódásával is.

Pontos magyarázatot nem tudunk adni a jelenség okára, ám a kamraválaszfal kialakulásának, illetőleg változásának és törzsfejlődési viszonyainak e kérdésével mégis foglalkoznunk kell. S ha ezirányú szemlélődést akarunk végezni, akkor legjobb, ha mindjárt az első kamravarratvonalat vizsgáljuk meg.

Az *Ammonites*-ház kialakulása a kezdőkamrával indul meg, amelyet embrionális kamrának és *protoconchá*nak is szoktak nevezni. Ennek kialakulása után jön létre az



97. ábra. Kezdőkamra-típusok, a prosutura (baloldalt) és az elsőleges kamravarratvonal (jobboldalt) típusai az Ammonites-*féléken. A prosutura kezdetben kiterítve egyenes vonalat ad, a törzsfejlődés folyamán egy széles nyereg alakul ki, amelyet a törzsfejlődés legmagasabb fokán két oldalt két lobus szűkít be. Az elsőleges kamravarratvonal a legősibb típusokon három lobusú, később négy, majd öt lobusúvá válik* (Zittel *nyomán*)

első ún. gázkamra. Ha a kezdő és az első gázkamra közötti kamravarratvonalat vizsgáljuk, azt látjuk, hogy ez az ősi típusú *Ammonites*-féléken igen egyszerű, tagolatlan (97. ábra, *1*). Ez a legegyszerűbb, nyereg nélküli kamravarratvonal csak devonbeli alakokon ismeretes. De már ugyanakkor megjelenik a szélesnyergű típus is (97. ábra, *2*), amely azután a triász végéig kitart. (Nyeregnek nevezzük a kamravarratvonalnak előre, a szájnyílás felé kihajló részét.) Ugyancsak a triászban megjelenik a keskeny nyergű kamravarratvonal is — a kezdőkamra és a következő kamra között. (97. ábra, *3*.) (Ezt a kamravarratvonalat a szaknyelv prosuturának nevezi.) A törzsfejlődés folyamán tehát ez a kamravarratvonal egyre tagoltabbá alakul.

A kezdőkamra utáni két kamra közötti varratvonalat elsőleges varratvonalnak (szaknyelven *primér suturá*nak) nevezzük. Ennek a kialakulása a törzsfejlődés folyamán ugyancsak változásokon megy át, s ezek a változások számunkra már csak azért is fontosak, mert mai ismereteink mellett ezek a változások látszanak a legalkalmasabbaknak arra, hogy az *Ammonites*-félék rendszertani beosztásában alapul szolgáljanak.

Valamennyi nyereg nélküli prosuturával bíró *Ammonites*nél, de a szélesnyergű alakok egy részénél is azt látjuk, hogy az elsőleges kamravarratvonalon 3 lobus helyezkedik el: ezek közül az egyik kívül, a másik belül, a harmadik pedig oldalt. Ezért külső, belső és oldali lobusról szoktunk beszélni. A fejlődés folyamán ez tovább tago-

lódik. Először megjelenik a négylobusú elsőleges kamravarratvonal, majd a jura időszak elején az ötlobusú, amivel a legfejlettebb törzsfejlődési állapot következett be.

Az *Ammonites*ek kamravarratvonalában az elsőleges kamravarratvonal után rendszerint már bonyolódottabb formák jelentkeznek. A varratvonal további tagolódásában végeredményben kétféle típust lehet megkülönböztetni. Az egyiknél az oldali és belső lobus között alakulnak ki újabb nyergek és lobusok. Miután ezek a becsavarodott ház ún. köldöki részén találhatók, — köldöki lobusoknak nevezik. A másik típus esetében viszont azt látjuk, hogy a kamravarratvonal új elemei a külső és az oldali lobus között alakulnak ki. Ilyenkor járulékos kamravarratvonal típusról beszélünk.

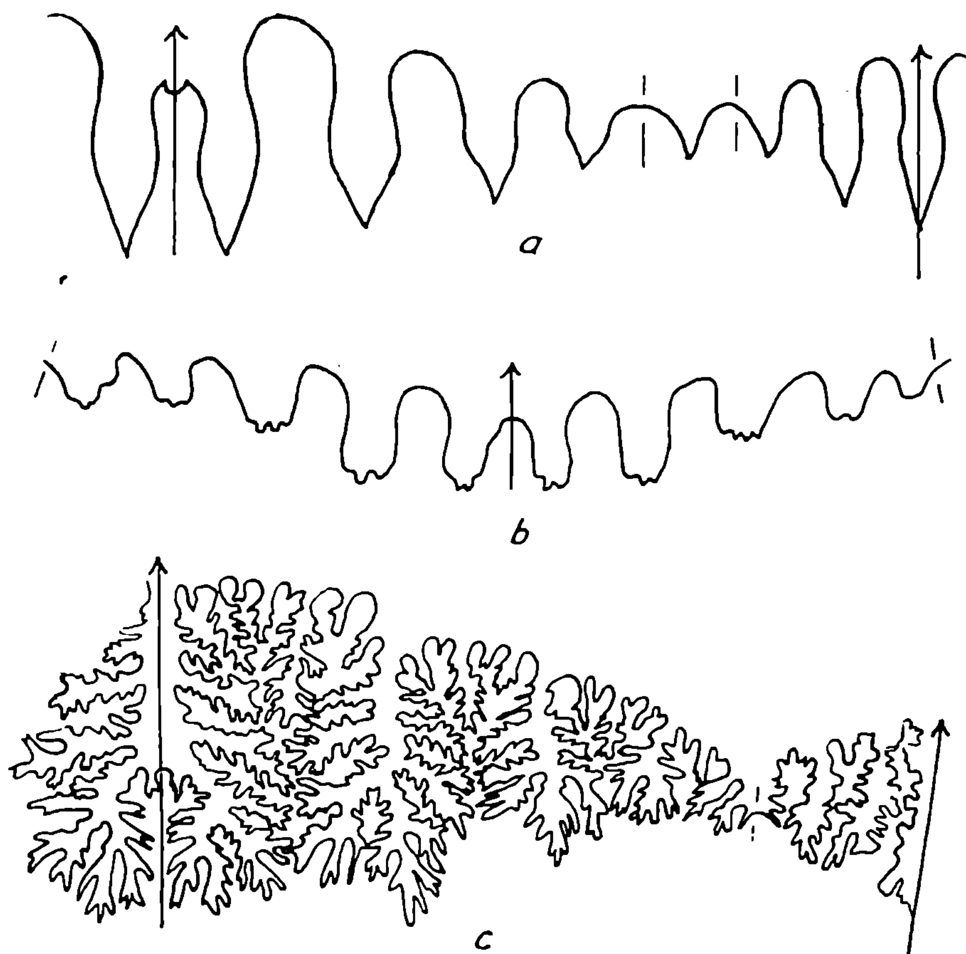
Ez utóbbi típus főleg a földtörténeti ókor *Ammonites*ein ismerhető föl, s néhány szórványos kivételtől eltekintve azok az alakok, amelyek ilyen lobavonallal rendelkeznek, a földtörténeti ókor végén ki is halnak. A köldöki tagolódással jellemzett alakok ezzel szemben a földtörténeti ókorban még alárendelt szerepet játszanak, s csak a földtörténeti középkor folyamán jutnak kizárólagos érvényre.

A lobavonal törzsfejlődésében azonban még további jelenségekkel is találkozunk. A kamravarratvonal kezdetben nyergekből és lobusokból áll, később, a törzsfejlődés további szakaszában először a lobusok kezdenek tovább tagolódni, miközben a nyergek még egységesek. Végül aztán a nyergek is felbomlanak, s ily módon igen bonyolult, sokszorosan tagolt lobavonalak alakulnak ki (98. ábra). Sőt, a törzsfejlődés vége felé bizonyos redukciós jelenségek is létrejöhetnek, amelyek következtében a kamravarratvonal ismét egyszerűsödhetik. Így azután a kamravarratvonalnak az alapján a sok kombinációs lehetőség összegezésével valóban csak aprólékos részletekbe menően követhető nyomon a fejlődés egymásutánja. Jól és szembetűnően jelentkeznek azok a bélyegek, amelyek az *Ammonites*-félék egyes fajainak megkülönböztetését is lehetővé teszik. Az egész törzsfejlődés, de különösen annak a jurára és krétára eső szakasza gyors evoluciós tempóban játszódik le, aminek az a következménye, hogy az *Ammonites*ek a földtörténeti idő tagolásában is nagyszerűen felhasználhatók.

A lobavonal kialakulásában jelentkező bonyolultság a *Nautilus*-félék egyszerű lobavonalához képest magasabb törzsfejlődési állapotot jelent. Ezen kívül azonban az *Ammonites*- és a *Nautilus*-félék vázán még másféle elütő bélyegeket is megfigyelhetünk. Az eredeti, ősi állapottól eltérő, tehát magasabb törzsfejlődési fokot jelent az *Ammonites*ek szifójának a központon kívüli helyzete is. Mint láttuk, a *Nautilus*ok szifója a kamraválaszfal közepén halad át, de az *Ammonites*eké innen kifelé, a hasi oldal felé tolódik el, csupán egyetlenegy devonbeli csoporté, az ún. *Clymenia*-féléké a háti oldal irányában, azaz befelé. Erről a kérdésről egyébként már akkor is megemlékeztünk, amikor a szifó és a szifótölcsér fogalmáról volt szó. Az ott olvasottakat itt még a következőkkel egészítjük ki. Az ősi típusú *Ammonites*ek két csoportjának az előbb említett és csak igen rövid törzsfejlődési vonalat befutott *Clymeniák*nak éppen úgy, mint a többi *Ammonites*-csoport kiinduló formakörét jelentő *Goniatitesek*nek — rövid szifótölcsérjei vannak, amelyek a *Nautilus*-félékhez hasonlóan hátrafelé irányulnak. Az összes többi *Ammonites* szifótölcsére előrefelé irányul. Egyébként elég gyakran fordul elő az a jelenség is, hogy az állat egyedi életének korai szakaszában a törzsfejlődés ősi állapotának megfelelően hátrafelé irányuló szifótölcsérek alakulnak ki, s csak az egyedi fejlődés későbbi szakaszában kerülnek a helyükre a magasabb törzsfejlődési állapotot jelző előreirányuló szifótölcsérek.

Egyébként a szifó helyzetével kapcsolatosan is megfigyelhetjük ezt a jelenséget. Az első kamrákban ugyanis a szifó központi helyzetű, és csak később következik be eltolódása kifelé. Igen érdekes azt is megfigyelnünk, hogy az ősi *Goniatites*-félék szifója kezdettől fogva kifelé tolódott állapotban található.

További eltérés a *Nautilus*-félék vázától, hogy míg ezek vázának külső felülete mindig sima, díszítettség csak a színezésben nyilvánul meg, addig az *Ammonitesek*én gyakran látunk különböző ún. díszítőelemeket: dudorokat, csomókat, bordákat. A bordák kialakulása igen érdekes és jól nyomon követhető módon ment végbe. *Telegdi-Roth* Károly „Ősállattan" című tankönyvében a következőket írja: „A triászban jelennek meg az első bordázott *Ammonoideá*k. Általában az volt megállapítható, hogy



98. ábra. Ammonitesek *lobavonal-típusai. A legprimitívebb alakokon sem a nyereg, sem a lobus nem tagolt* (a = Goniatites *lobavonal-típus); később a lobusok tagolódnak, de a nyergek lekerekítettek maradnak* (b = Ceratites *lobavonal-típus); végül a nyergek is erősen tagolódnak* (c = Neoammonoidea *lobavonal-típus)*

az egyszerű bordák a kanyarulatok oldalán jelennek meg, és fokozatosan hosszabbodnak meg a külső rész felé, hogy végül azon is áthaladó gyűrűkké váljanak, bár externális barázda vagy taréj gyakran megszakítja őket." Szó van azután arról is, hogy a bordák villásan széthasadnak, elágaznak.

Nagyon érdekes, hogy a villás elágazás mindig a külső oldal közelében kezdődik, és innen halad a törzsfejlődés folyamán a belső oldal felé. A jura időszakban ez a folyamat ismét lejátszódik, s most már azzal is bonyolódik, hogy az egyszerű bordák után sarlósan meghajolt bordák jelentkeznek a villásan elágazókon kívül. S most ismét *Telegdi-Roth* Károlyt idézzük: „A sarlós bordák háttérbe szorulásával a villás bordák nagy alakgazdagsága, az elágazás a külső oldal szomszédságától a varrat felé

tolódik. A felső jurában váltják fel a villás bordákat a hasadt bordák, erre a kréta időszakban a bordadíszítés „leépítése" következik. A bordák elágazási pontjai lassanként felbomlanak, és így végeredményben megint egyszerű bordák állnak elő — ezzel a folyamattal együtt jár a kamravarratvonal leegyszerűsödése, sőt a szorosan felcsavart háznak a mellékalakok képében való felbomlása is."

A váz díszítettségében az *Ammonites*eken további olyan jellegek is előfordulnak, amilyenekkel a *Nautilus*-félék között nem találkozunk. Ilyenek a házon levő megvastagodások, amelyek a kőmagokon befűződések alakjában jelentkeznek. Az ilyen nyomok nyilvánvalóan azt jelzik, hogy a váz növekedése bizonyos ideig szünetelt. Általában csak a törzsfejlődés előrehaladottabb szakaszában találkozunk ezzel a jelenséggel, s így ezt törzsfejlődési elöregedésnek tekintik.

Ha most még hozzátesszük, hogy a szájnyílás körül fülszerű képződmények is jelentkeznek, akkor világossá válik, hogy az *Ammonites*ek háza már külső jellegekben is legtöbbször erősen különbözik a *Nautilus*-félékétől.

A *Nautilus*-féléktől való elkülönítő bélyegek sorában az *Ammonites*eknek még egy jellegzetességét kell megemlítenünk. A *Nautilus*-ház nyílását a lágy testhez tartozó fejsapka zárja le, ha az állat egészen behúzódik vázába. Ezzel szemben az *Ammonites*eknél szarunemű, de még inkább mész anyagú szájfedőket találunk. Valószínű, hogy ezek a ma is élő *Nautilus* fejsapkájának megfelelő képződmény elszarusodása, illetőleg elmeszesedése révén alakultak ki. Mindenesetre sok szájfedőt találtak külön, amelyek az *Ammonites* váztól függetlenül is előfordultak, de a *Nautilus*-félékkel sohasem voltak kapcsolatba hozhatók. Így hát megint jellegzetesen *Ammonites* bélyeggel van dolgunk ezeknek a szájfedőknek az esetében. A bécsi Természettudományi Múzeum föld-és őslénytárának egykori kitűnő vezetője, az osztrák paleontológusok egyik doyenja, F. *Trauth* professzor egy fél élet tudományos munkáját áldozta ezekre a szájfedőkre. Vizsgálatai sok lényeges sajátságra terjedtek ki, s a szakemberek számára igen fontos adatokat szolgáltattak.

Mi elégedjünk meg itt annyival, hogy az *Ammonites* szájfedőknek két nagy csoportját különböztethetjük meg: az egyrészes *(Anaptychus)* és a kétrészes *(Aptychus)* szájfedőket. Az előbbiek gyakrabban szarunemüek és kissé kifelé domborodók: az utóbbiak meszesek, és két szimmetrikus félből állnak. A két fél lehet önálló, de többé-kevésbé össze is olvadhat egymással.

Még sokáig emlegethetnénk a *Nautilus*- és *Ammonites*-félék közötti különbséget, még sok *Ammonites* jellegről tehetnénk említést. Elégedjünk meg azonban az eddig felsoroltakkal, és ismerkedjünk meg most néhány típusukkal. Ez annál is fontosabb, mert az *Ammonites*ek — mint már említettük — gyors evolúciós tempóval fejlődtek, különösen a törzsfejlődés kezdeti szakaszán túl, s ezért mint korjelző ősmaradványok, a földtörténeti időszámítás megbízható bizonyítékaiként is igen fontos szerepet játszanak.

Induljunk ki abból a feltevésből, hogy az *Ammonites*-félék első alakjai bot alakúak voltak *(Bactrites*, 99. ábra, *a)*. Azért mondjuk, hogy feltevés, mert vannak olyan kutatatók is, akik szerint az *Ammonites*ek egyenes alakú háza másodlagosan jött létre (már becsavarodott vázú ősökből alakult ki). A devonban az *Ammonoideá*knak két fő típusát különböztethetjük meg. Mindkettő becsavarodott vázú egyszerű kamravarratvonallal és sima, díszítetlen héjjal bíró alak. Az egyik a *Goniatites* (99. ábra, *b*), azonban a hasi oldalra, tehát kívülre tolódott szifóval rendelkezik, ezzel szemben a másiknak, a *Clymenia*-féléknek (99. ábra, *c*) a szifója a háti oldalra, azaz befelé tolódott. A *Clymeniá*k rövid életű csoportot alkotnak; képviselőik hamarosan ki is pusztultak. A háti oldalra tolódott szifó tehát nem nyújtott nagy lehetőségeket a további fejlődésre.

A *Goniatites*-féléknél más a helyzet. A kifelé tolódott szifó itt láthatólag kedvezőbb volt a további törzsfejlődés számára. A *Goniatites*-típusból indult ki az *Ammonites*ek összes többi csoportja, mégpedig a kamravarratvonalak további tagolódásával. Azt már előbb mondottuk, hogy ez a tagolódás is két irányban történt: egyiknél a külső lobus és az oldali lobus között, a másiknál pedig az utóbbi és a belső lobus között alakultak ki a kamravarratvonalak további tagjai. Az előbbit neveztük járulékos, az utóbbit köldök-típusú lobavonalnak. A járulékos lobavonallal jellemzett ala-



99. ábra. Ősi típusú Ammonoideák — a = Bactrites, *egyenes vázzal;* b = Goniatites; c = Clymenia; d = Ceratites; *ez utóbbi már a* Mesoammonoidea *típust képviseli* (Zittel *és* Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

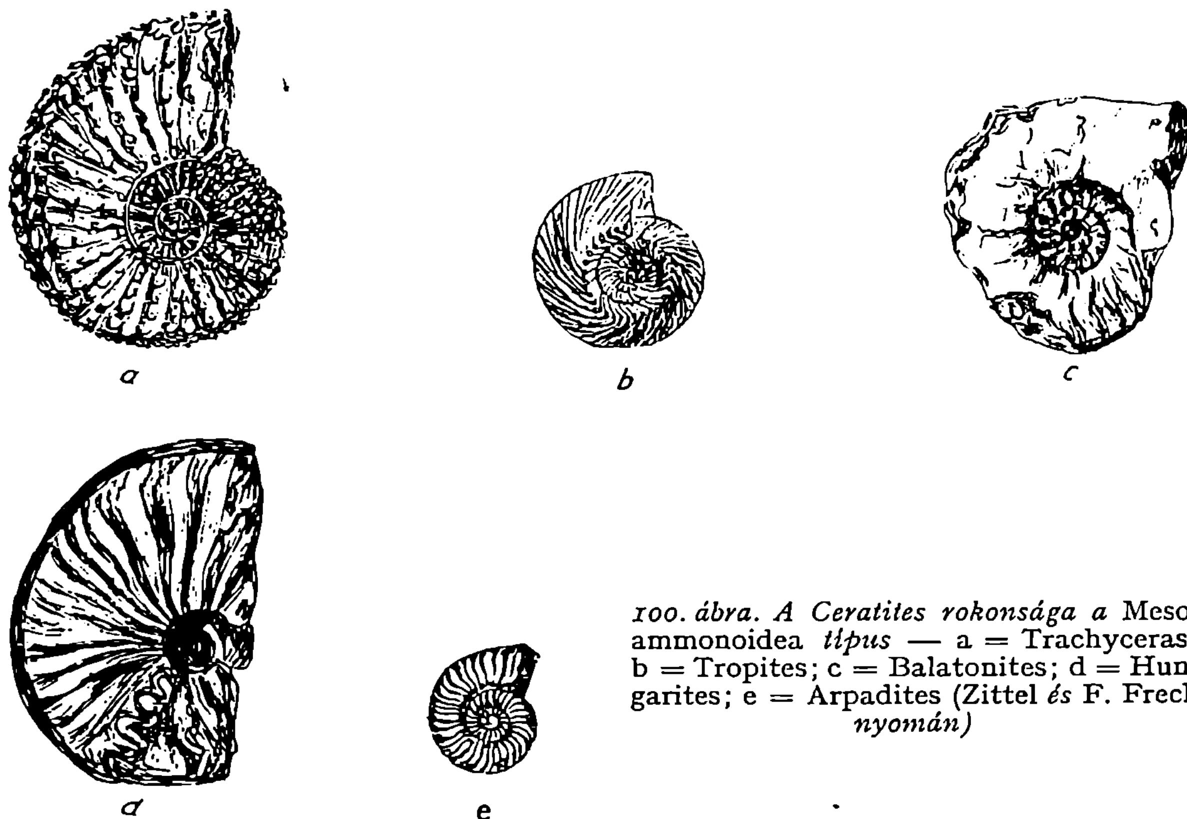
kok a földtörténeti ókor vége felé kihaltak, alig egy-két alakjuk ment át a földtörténeti középkor elejére is. Ezzel szemben a köldök-típusú lobavonallal rendelkező *Ammonites*ek sorából kerültek elő azok az alakok, amelyek — főleg a permben és a triászban — mint 4 lobusú elsőleges kamravarratvonallal jellemzett alakok a *Palaeoammonoideák*hoz sorolt *Goniatites*- és *Clymenia*-típus után már a *Mesoammonoidea*-típust jelentik. Ezeknél nemcsak abban nyilvánul meg a kamravarratvonal tagolódása, hogy a nyergek és lobusok száma megnövekszik, hanem maguk a lobusok is tagoltakká válnak. Ezt a lobavonalat *Ceratites*-típusú lobavonalnak nevezzük, mert a *Ceratites* (99. ábra, *d*) a legismertebb és leggyakoribb ide tartozó forma. A triász időszaknak széltében-hosszában elterjedt s fajokban is gazdag nemzetsége ez. Rokonainak pedig — szinte azt mondhatjuk — se szeri, se száma. A permben megindult gyors felvirágzás a triászban már hallatlan gyorsasággal ontja egymás után a különböző alakokat, s egyúttal megindul a nyergeknek a tagolódása is. Sok közöttük a rövid életű, éppen ezért a triász tagolásában ezeknek az alakoknak jelentős szerepe van. Így a *Trachyceras* (100. ábra, *a*) nemzetség különböző fajai a triász különböző emeleteire jellemzők. A felső triász elejének egyik könnyen felismerhető alakja a széles vázú *Tropites* (100. ábra, *b*). A triászbeli *Ammonoideák* között olyanokkal is találkozunk, amelyeknek magyar vonatkozású neve van. Ilyen a *Balatonites balatonicus* (100. ábra, *c*), a *Hungarites* (100. ábra, *d*) és az *Arpadites arpadis* (100. ábra, *e*).

A triász időszak *Ammonites*ei között óriási növésű alakokkal is találkozunk. Ilyen a *Pinacoceras* (100. ábra, *f*), amelynek átmérője az 1 m-es nagyságot is meghaladja, azonkívül pedig arról is nevezetes ez az egyébként roppant lapos vázú alak, hogy kamravarratvonala igen erősen tagolt; nemcsak a *Mesoammonoideák* között, hanem talán a legmesszebbmenően specializált és csak a jurától kezdve ismert *Neoam-*

monoideák között sem találunk olyan alakot, amelynek kamravarratvonala ennyire bonyolult rajzolatú lenne.

A triász végén azután nagyon érdekes jelenségeket figyelhetünk meg az *Ammonoideák* törzsfejlődési viszonyaiban.

Ilyen jelenség a szabályosan felcsavart ház kicsavarodása. Vannak olyan alakok (pl. a *Choristoceras*, 101. ábra *a, b*), amelynek háza kezdetben szabályszerűen csavarodik föl, de az utolsó kanyarulat már nem simul hozzá a megelőzőhöz. Van olyan alak

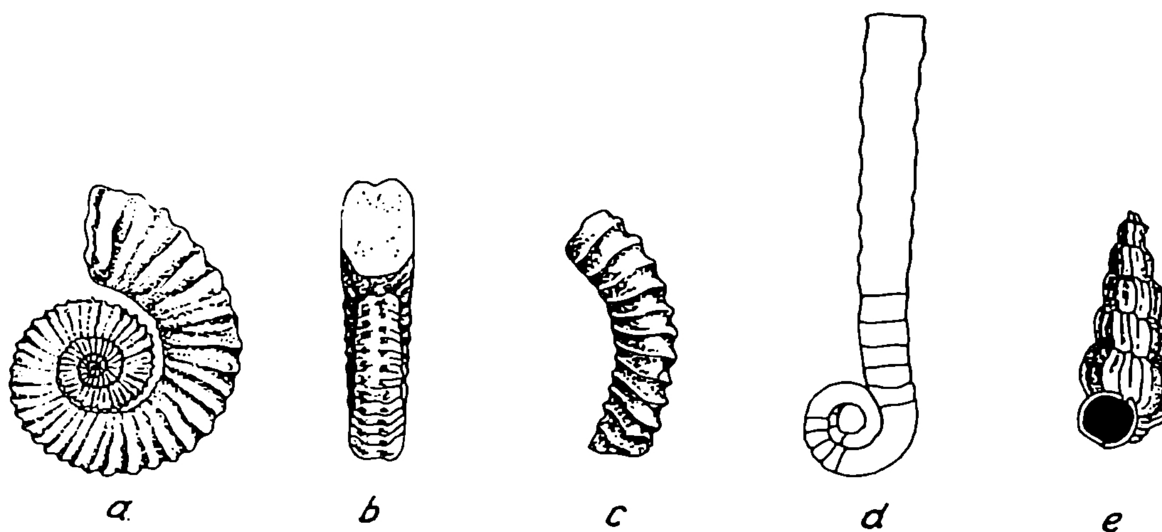


100. ábra. A Ceratites rokonsága a Mesoammonoidea *típus* — a = Trachyceras; b = Tropites; c = Balatonites; d = Hungarites; e = Arpadites (Zittel *és* F. Frech *nyomán)*

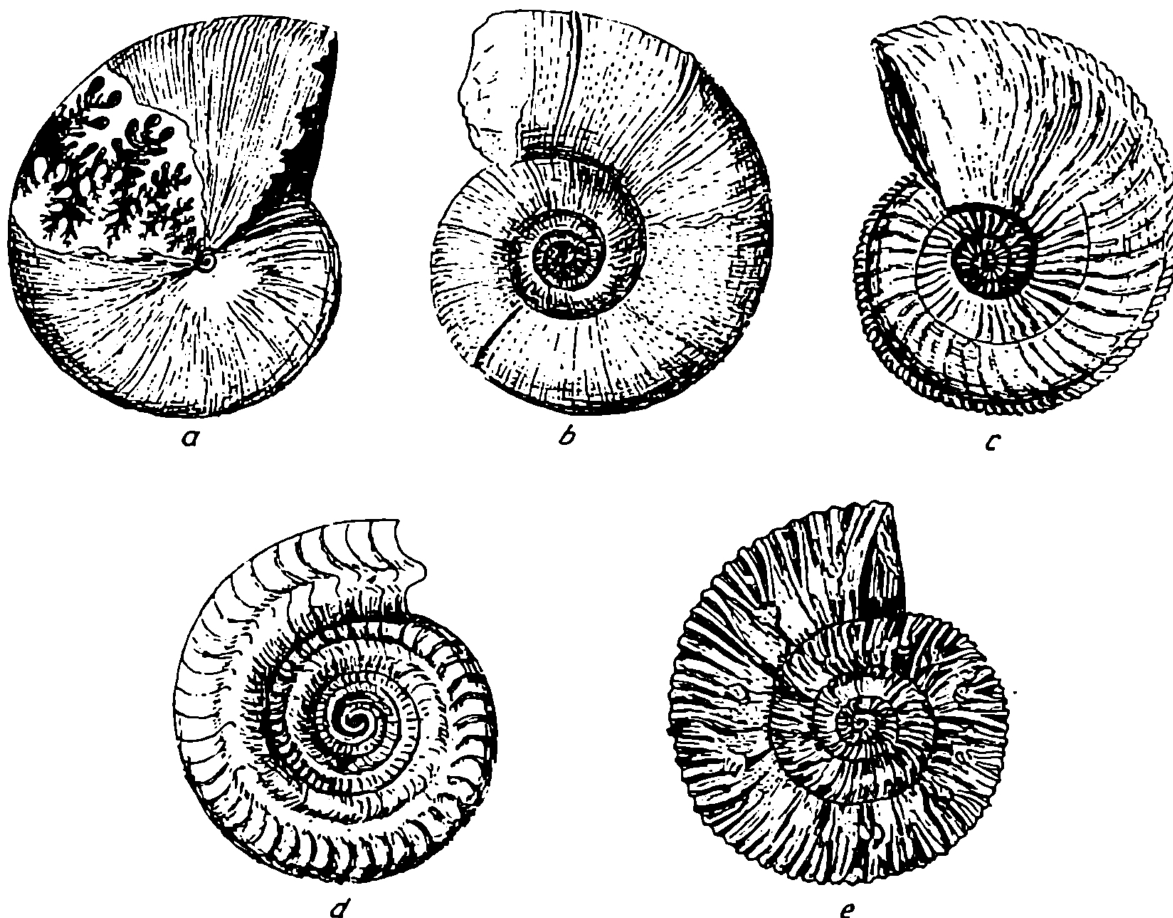
is (*Cochloceras*, 101. ábra *e*), amelynek háza csigaházszerűen csavarodik föl, s végül olyan formával is találkozunk, amelynek a kezdetben fölcsavarodó háza éppen úgy egyenesen folytatódik, amint azt a *Lituites* nevű *Nautiloideánál* láttuk. A *Lituites*ben azonban az egyenes vonalú alakból a becsavart típus felé vezető út egyik állomását láttuk, míg ennek a triászbeli alaknak ez a fajta házépítése éppen az ellenkező irányú fejlődési tendencia példájaként fogható föl. Ez az *Ammonites* egyébként a *Rhabdoceras*, amelynek egyik faja, a *Rhabdoceras suessi* (101. ábra *d*), egyrészt azért nevezetes, mert a múlt század egyik legnagyobb geológusának, a bécsi *Suess* Ede professzornak a nevét őrzi, másrészt pedig azért is, mert *Kutassy* Endre ennek a fajnak a maradványait a Budai-hegység felső triászbeli ún. dachsteini mészkövében is megtalálta.

Az ilyen szabálytalan vázalkotású alakokat mellékalakoknak szoktuk nevezni. A mellékalakok megjelenése egyébként mindig nagyobb csoportok kihalását előzi meg. Ilyenek az *Ammonites*ek élettörténetében még egyszer kifejlődnek: a krétában, mielőtt az egész *Ammonoidea* rend kipusztul.

A triászbeli nagy felvirágzás jelentős formagazdagságot alakított ki az *Ammonites*ek között. A már említett *Ceratites* jellegű kamravarratvonalak mellett megjelentek a *Pinacoceras* rendkívül tagolt kamravarratvonalai is; a prosutura is elérte már a keskeny nyergű megjelenési formát, mint ezen a vonalon a specializáltság legmaga-

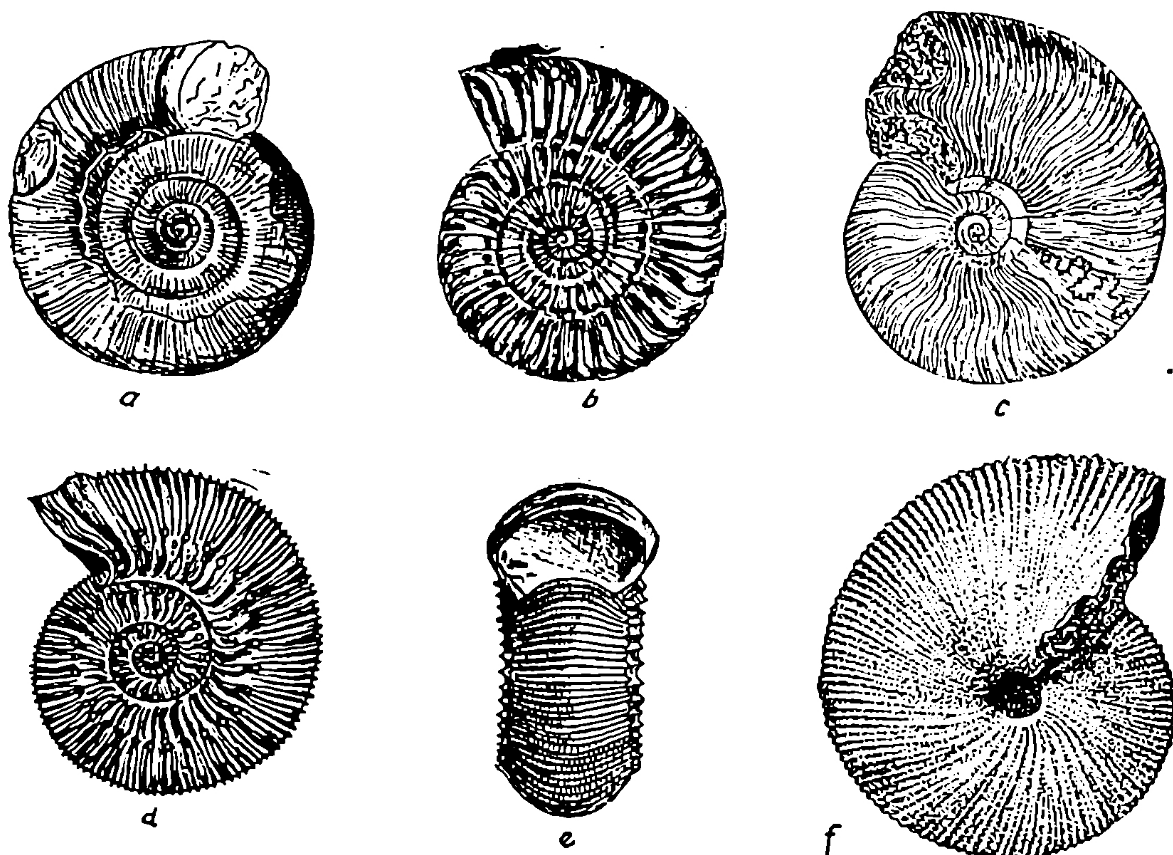


101. ábra. Mellék-alakok a Mesoammonoideák *sorából* — a—b = Choristoceras *két nézetben;* c = Peripleurites; d = Rhabdoceras; e = Cochloceras (A. H. Müller *nyomán)*



102. ábra. Az igazi Ammonita-*félék néhány típusa* — a = Phylloceras, *szűk köldökű forma;* b = Lytoceras, *tág köldökű alak;* c = Amaltheus, *pereme díszített;* d = Hildoceras, *fontos szintjelző alak;* e = Reineckia, *villásan elágazó bordák díszítik* (Zittel *nyomán)*

sabb fokát. De az elsőleges kamravarratvonal (a *primer sutura*) mindvégig a *Mesoammonoideák*ra jellemző négy lobusú állapotban maradt. Mindezek az alakok — egyetlenegy csoport kivételével — a triász végén valamennyien kipusztultak. Így a *Mesoammonoideák* nagyon népes és változatos csoportja megszűnt, s ebből az egyetlen megmaradt alakkörből fejlődött ki az immár 5 lobusú elsőleges kamravarratvonallal bíró *Neoammonoida* alrend. A prosutura e formáknál mindig keskeny nyergű, úgyhogy az első két kamravarratvonal mindig egyforma jellegű.

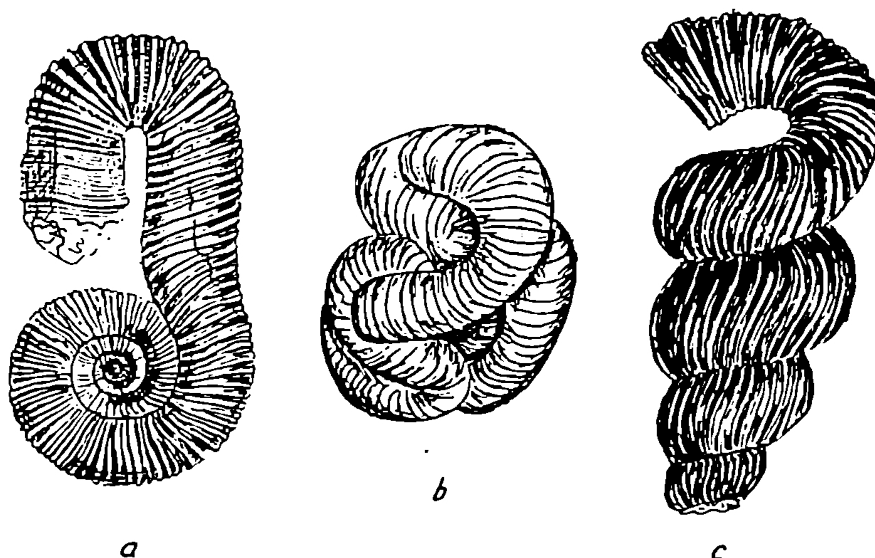


103. ábra. Neoammonoideák *további néhány típusa* — a = Psiloceras, *a jura elején élt;* b = Arietites, *szifója a hasi oldal peremére tolódott;* c. = Leioceras, *váza finoman díszített;* d—e = Stephanoceras, *oldalnézetben és a szájnyílás felől;* f = Macrocephalites, *ugyancsak a jurára jellemző* (Zittel *és* A. H. Müller *nyomán)*

A triász-jura határt „átvészelt" csoport a jura időszak elején gyors, robbanásszerű fejlődésnek indul. Egymásután jönnek létre az újabb és újabb alakok, amelyek igen gyorsan váltják egymást. Ez az oka annak, hogy a jura és kréta tagolása elsősorban az *Ammonites*eken alapul. Az egyes fajok legtöbbje csak rövid ideig él s így — különösen a jura folyamán — valóban kitűnően használhatók az időbeli tagolásra.

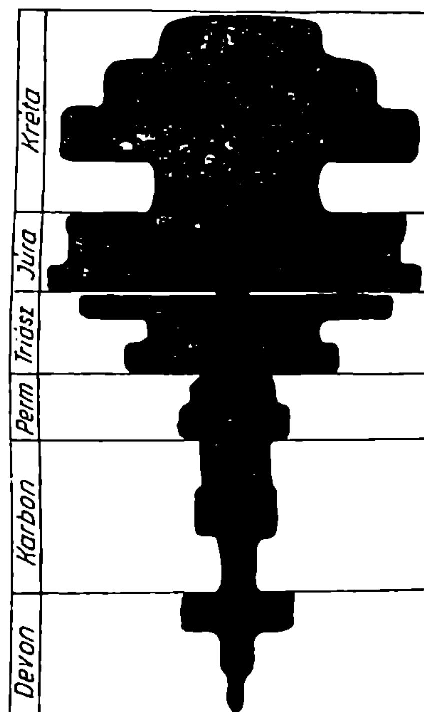
Ennek az *Ammonites* alrendnek egyik legfontosabb nemzetsége a *Phylloceras* (102. ábra, *a*). Számos képviselője ismeretes mind a jurából, mind pedig a krétából. Világszerte elterjedtek, s maradványaikkal hazánkban is nagyon gyakran talákozunk. Míg a *Phylloceras* az ún. szűk köldökű típust képviseli, addig közeli rokon alakja, a *Lytoceras* (102. ábra, *b*) tág köldökű.

Az *Ammonites*ek világának itt találjuk a leggazdagabb kibontakozását. Annyi nemzetséget kellene megemlítenünk, hogy e helyett inkább csak néhány típusukat mutatjuk be (102. *c*—*e* és 103. ábra).



104. ábra. Az Ammonites*ek végleges kihalása előtt nem egy síkban felcsavart ún. mellékalakok jönnek létre* — a = Macroscaphites, *utolsó kanyarulata kicsavarodik és újra visszahajlik,* b = Nipponites, *szabálytalanul felcsavart vázzal;* c = Heteroceras, a Turrilites *közeli rokona, csigaházszerűen csavarodott házzal (*Zittel *és* Telegdi—Roth K. *nyomán)*

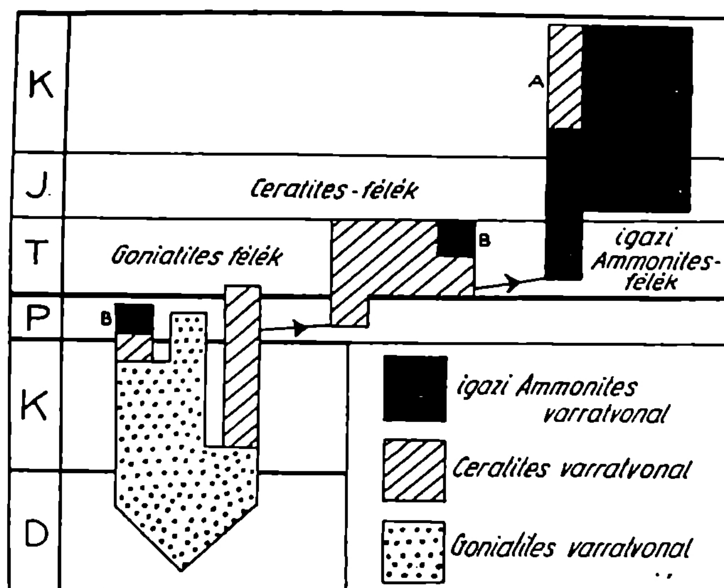
A kréta időszak folyamán közel 2 méteres átmérőjű alakok is kifejlődnek, de megindul már az a folyamat is, amely a kréta időszak végén az *Ammonites*ek teljes kihalására vezet. *Wedekind* szerint három ütemben indul meg az *Ammonites*-váz egyszerűsödési folyamata is. Először létrejön a mellékalakok (104. ábra) egész sora. A triász végén hasonló jelenséget már szintén tapasztaltunk a *Mesoammonoideák* kihalása előtt. A csigaház, kampó vagy megint bot alakú ház itt is a kipusztulás előjele. Egyszerűbbé válik a kamravarratvonal is. A *Phylloceras*ok rendkívül tagolt, igen bonyolult lobavonalait egyszerűbbek váltják fel és mintegy az ősibb típushoz való visszatérésként megjelenik a *Ceratites* jellegű kamravarratvonal. S végül egyszerűbbé válik a váz díszítése is. A bordák egyszerűbbek lesznek, majd csomókká esnek szét, s végül díszítés nélküli vázakkal találkozunk.



105. ábra. Az Ammonoideák *gyakorisága devonbeli megjelenésüktől krétavégi kipusztulásukig* (A. H. Müller *nyomán)*

A kréta időszak végén azután végleg kipusztul az *Ammonoideák* egész rendje, s ezzel a lábasfejűek roppant érdekes csoportja tűnik el az élet színpadáról. Az *Ammonoideák*nak ez a kipusztulása egyúttal a lábasfejűek külső vázas alakjainak majdnem teljes kipusztulását is jelzi, mert hiszen a *Nautilus*-félék már a földtörténeti középkor elejétől kezdve igen szegényes forma-csoportot alkotnak. Igaz viszont, hogy maga a *Nautilus* nemzetség még ma is él (105. és 106. ábra).

A földtörténeti ókor fiatalabb szakaszában már megindul a lábasfejűek másik nagy csoportjának,



106. ábra. Különböző varratvonal-típussal jellemzett Ammonoideák *származástani kapcsolatai és földtörténeti elterjedése. A rajz bal oldalán látható betűk a devon, karbon, perm, triász, jura és kréta időszakok rövidítései* (Easton *nyomán)*

a belső vázasoknak a törzsfejlődése is. Annak a csoportnak, amely ma népesíti be nagyon gazdagon a tengerek vizét, és hatalmas formagazdagságával teszi színesebbé a tengeri élet amúgy is változatos képét.

A zavarosban menekülő tintahal

A lábasfejűekről már az előbbi fejezet bevezető soraiban megállapítottuk, hogy osztályuk, a *Cephalopoda* osztály két alosztályra különíthető: a külső *(Ectocochlia)* és belső vázas *(Endocochlia)* lábasfejűek alosztályára. Azt is olvastuk már, hogy a külső vázasok között két típust különböztethetünk meg: a *Nautilus*- és az *Ammonites*-félék típusát. Mindezek a földtörténeti ókorban és a középkorban nagy változatosságban népesítették be a tengerek vizét, azonban a földtörténeti középkor végétől már csak a szorosabb értelemben vett *Nautilus* él.

A belső vázas lábasfejűekről hosszú időn keresztül állították — helytelenül —, hogy a triász időszaktól kezdve alakultak ki, s azóta érték el mai formagazdagságukat. E felfogás helytelenségét azért hangsúlyozzuk, mert a kitűnő belga paleontológus, *de Koninck* már 1843-ban említ olyan belső vázas lábasfejű maradványt, amelyek közül az egyik alsó karbon időszaki, a másikat pedig még idősebb, devonbeli rétegben találta meg. Ezt a feljegyzést, noha *de Koninck* ábrát is adott a maradványokról, figyelmen kívül hagyták. A kételkedés oly nagy volt, hogy amidőn *Flower* amerikai paleontológus 1945-ben az észak-amerikai karbonból írt le egy belső vázas lábasfejű-maradványt, még mindig nemigen akarták tudomásul venni a tényeket. *Davitasvili* szovjet paleontológus is erélyesen lándzsát tört a leletek vitathatatlanul karbonbeli kora mellett, és így lassan kezdett tért hódítani az a gondolat, hogy a belső vázas lábasfejűek törzsfejlődésének megindulása is már a földtörténeti ókor folyamán megtörtént. 1959-ben *Flower* a karbonból már több száz példány maradványát

találta meg, s így azóta kétségtelen, hogy valóban a paleozóikumban is szerepeltek a belső vázas lábasfejűek, sőt a karbonban már 4 nemzetségüknek összesen 6 faja is megkülönböztethető volt a gazdag ősmaradvány-anyagban.

A belső vázas lábasfejűek életmódjával igen behatóan foglalkozott a bécsi egyetem egykori világhírű paleontológus professzora, *Abel* is. Különösen helyváltoztatásuk módját tanulmányozta részletesen. Fejtegetéseiben az alakok nagy részét kitűnő és gyors úszónak tünteti föl. És hogy mennyire igaza van, azt minden zoológus is igazolhatja, aki valaha csak foglalkozott a puhatestű állatoknak ezzel a csoportjával. Aki olvasta *Heyerdahl* kitűnő és élvezetes könyvét a Kon Tiki-expedícióról, az ebből a könyvből is tudomást szerezhetett ez állatok gyors, kitűnő úszóképességéről, sőt arról is, hogy a vízből kiemelkedve — a repülőhalakhoz hasonlóan — a víz-szín fölött tova tudnak „szállni".

A magyar paleontológusok közül *Géczy* Barnabás foglalkozik a lábasfejűekkel igen szélesen megalapozott vizsgálatok keretében, s egyik 1960-ban megjelent cikke igen értékes megállapításokat tartalmaz a lábasfejűek mozgásáról és helyváltoztatásáról is. *Géczy* szerint a legősibb típusú lábasfejűek, a *Nautilus*-félék túlnyomórészt a tengerfenéken vagy a tengerfenék közelében tartózkodó állatok voltak, s egész törzsfejlődésük folyamán ezt az életemódot tartották meg. Ezzel szemben az *Ammonites*-félék inkább lebegő életmódot folytattak; a *Nautilus*-félékkel szemben kimutatható vázépítésbeli különbségeik is mind erre utalnak. Nem voltak túl ügyes és gyors úszók, inkább a passzív módon lebegő életmóddal lehet az *Ammonites*-féléket — legalább túlnyomó részüket — kapcsolatba hozni. Ezzel szemben a belső vázas formákat a nagyfokú aktív úszókészség jellemzi. A törzsfejlődés folyamán e három ág történetében világosan fölismerhetők azok az alakbeli fejlődési irányok, amelyek a három helyváltoztatásbeli módnak is megfelelnek.

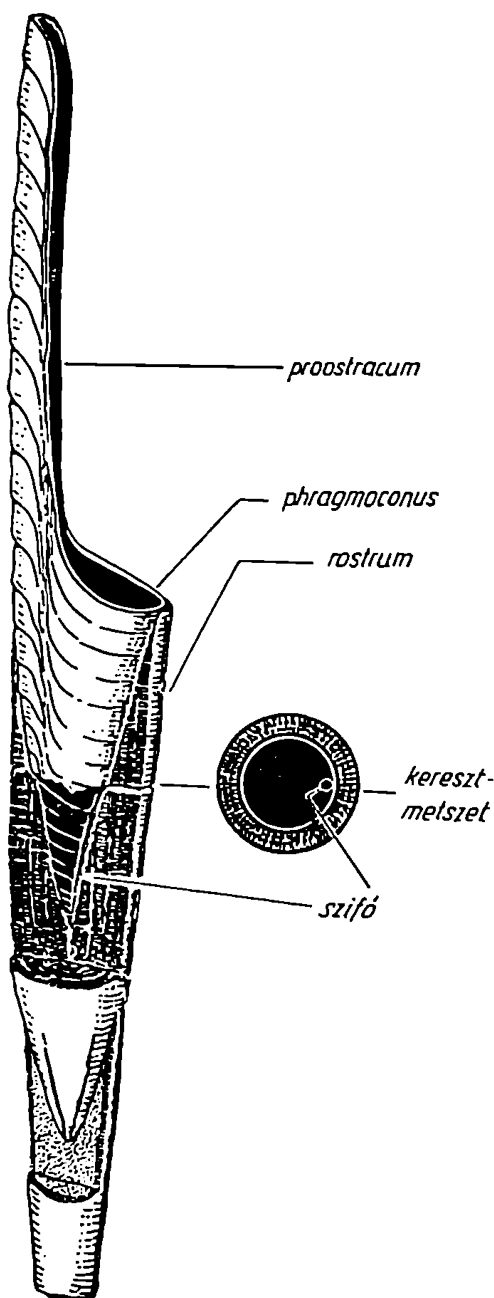
Az eddigi megállapításokat a belső vázasokkal kapcsolatosan tényekként fogadhatjuk el. Sajnos, sokkal kevésbé pontosan tudunk azokra a kérdésekre megfelelni, amelyeket most kell föltennünk. Például miért alakult ki a belső váz, és milyen külső vázas alakcsoportból indult ki a fejlődésnek ez az iránya?

Az első kérdéssel kapcsolatosan arra kell utalnunk, hogy nyilvánvalóan életmódbeli vagy a környezet átalakulása révén kikényszerített változások hozták létre a belső váz kialakulását, vagy legalábbis ezek indították meg a fejlődést a belső váz kialakulása felé. Bizonyos hasonló jelenségeket a puhatestű állatok más osztályában, a csigák közt is megfigyelhetünk. A csigák között ugyanis találhatunk olyan alakokat is, amelyek köpenyének egy része időszakosan befedi a házat, de akadnak olyan alakok is, amelyeknél ez állandó. Így tehát a belső váz kialakulásának módja könnyen elképzelhető, ha a miért kérdése ezzel még nem is nyert végleges és megnyugtató feleletet.

A másik kérdéssel kapcsolatban a belső váz alaktani sajátságai kétségtelenné teszik, hogy a belső vázas lábasfejűek egyenes, nem becsavart házú ősöktől származnak. Régebben általános volt az a fölfogás, hogy a *Nautilus*-félék sorába tartozó *Michelinoceras* jellegű ősökre kell visszavezetni eredetüket. Újabban a *Bactrites* rokonságában keresik az ősi formákat. A kérdés ezen módon már nem is jelentkezik olyan élesen, hiszen magának a *Bactritesnek* a *Nautilus*- vagy az *Ammonites*-félék sorába való helyezése is vitatott még. Általában azt kell megállapítanunk, hogy valamely magasabb törzsfejlődési fokozatot jelentő csoport kialakulása az ősi, kiindulási csoport differenciálatlan, még nem specializált alakköréből indul ki. A *Bactrites*t a központon kívüli szifó helyzete alapján olyan alaknak foghatjuk föl, amely ebből a szempontból ugyan törzsfejlődésileg a legkevésbé differenciált *Nautilus*-félékkel, a *Michelinoceras* típussal szemben már előrehaladottabb stádiumot képvisel, de egyébként

még mindig annyira kevéssé specializálódott, hogy belőle mind az *Ammonites*-félék, mind pedig a belső vázas alakok törzsfejlődési vonalának a kiágazását föltételezhetjük. *Simanszkij* szovjet paleontológus 1954-ben közölt munkájában a *Bactrites*hez közel álló *Parabactritest* is megemlíti, amelyben már kétségtelenül a belső vázasok ősét láthatjuk. Ennek a vázán ugyanis nem ismerhető föl lakókamra, s így már belső vázasnak tekinthető.

Ez az utolsó mondat most már elengedhetetlenül szükségessé teszi, hogy végre megvizsgáljuk, milyen is az a belső váz, amelynek viselőiről, azok törzsfejlődési kialakulásáról és életmódjáról már eddig is olyan sok szó esett. Hozzá kell tennünk, hogy most, amikor a belső vázzal akarunk megismerkedni, az ősibb típust kell közelebbről megszemlélnünk, mert hiszen ennek a lábasfejű csoportnak a törzsfejlődése folyamán a váz (ezúttal a lágy testen belül fekvő) nagyon jelentős változásokon, nagyfokú redukción ment keresztül, annyira, hogy egyes képviselőiből már egészen el is tűnt. A belső váz vizsgálatát tehát a belső vázas lábasfejűek törzsfejlődésileg alacsonyabb fokon álló alakjain kezdjük.



107. ábra. A Belemnites-*félék egyik képviselőjének, a* Megateuthis*nek a belső váza vázlatosan* (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

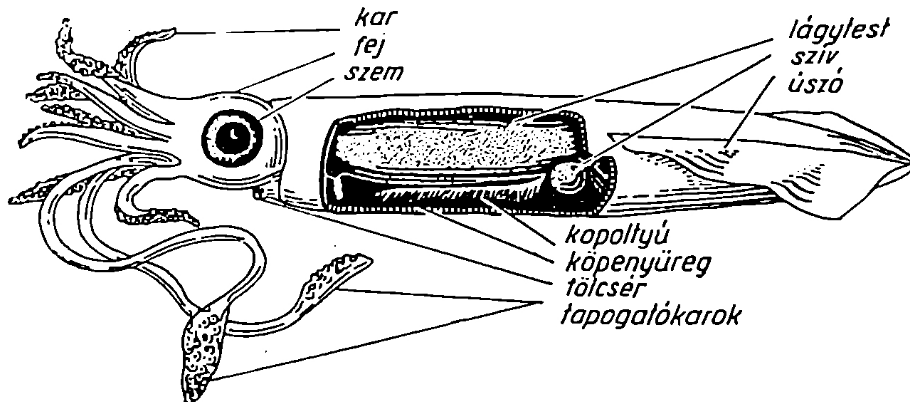
A törzsfejlődés alacsonyabb fokán álló típusokat a *Belemnites*-félékben foglaljuk össze. Ezek vázának 3 részét különböztetjük meg (107. ábra). A 3 részből álló váz középső részét *phragmoconus*nak (ejtsd: fragmokonusz) nevezi az őslénytan. Ez kúp alakú, csúcsával hátrafelé irányuló és kamrázott; végeredményben a *Nautilus*ok és az *Ammonites*ek gázkamráival hasonlítható össze. A kamraválaszfalak óraüvegszerűek, s ezeket a hasi oldal felé tolódott szifó nyílásai törik át. A phragmoconus háti oldala előrefelé lekerekített hosszú lemezben folytatódik. Ezt *proostracum* néven említik. Ez alkotja a váz mellső részét. A phragmoconust a gázkamrák, a proostracumot a lakókamra megfelelőjének tekinthetjük. Olyan lakókamrának nézhetjük, amely már nem a ház teljes keresztmetszetében fejlődött ki, hanem csak a háti oldalon nyúlt ki. A proostracum kitines anyagába aránylag csak kevés aragonit rakódott bele, így fosszilizációra kevésbé alkalmas. Valóban azt látjuk, hogy a proostracum az ősmaradványanyagban aránylag ritkán kerül elő.

Míg ezt a két részt kapcsolatba tudjuk hozni a külső vázas lábasfejűek házával, addig a harmadik részt, a rostrumot jellegzetesen belső vázas szerzeménynek kell tekintenünk. Rendszerint szivar alakú, s egy része körülveszi a phragmoconus hátulsó részét, hátrafelé eső másik része pedig tömör mészanyagból áll. Sugaras törés-felülete könnyen felismerhetővé teszi töredékekben is.

Miután a váznak ez a legszilárdabb része, az ősmaradvány-anyagban legjobban a rostrum marad meg. Sajátos és jellegzetes alakja miatt a népnyelv „ménykű"-nek nevezte el, s egykori villámcsapás nyomának tekintette.

A rostrum kialakulásában kétféle típust ismerünk. Ennek alapján a rostrumokat két nagy csoportba osztják. Alaktani jellegek egyébként is elég nagy számban figyelhetők meg rajtuk és a sok bélyeg nem egy útmutatást ad a lágy testre vonatkozóan is. Egyébként sok olyan *Belemnites* maradványt is ismerünk, amelyek lenyomat formájában adnak felvilágosítást az egész állatról.

Mindezek alapján a *Belemnites*ek (108. ábra) valóban pontosan rekonstruálhatók. Látjuk, hogy a fejen 10 kar fogja körül a szájnyílást. Közülük kettő jóval hosszabb a



108. ábra. Belemnites *rekonstruált képe; a bőr egy része eltávolítva, hogy a belső szervek elhelyezkedését is feltüntethessük* (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

többinél, a végén kiszélesedett, s csak itt vannak rajta a tapadókorongok, míg a másik 8 kar belső oldalán egész hosszában ilyen tapadókorongok figyelhetők meg. A szem igen nagy. A megnyúlt test hátulsó részén kétoldalt úszókat találunk.

Mint a külső vázas alakokon (amint azt az élő *Nautilus* képén is látjuk, 109. ábra), a fej alatt a *Belemnites*en is meg volt a tölcsér. Ennek kisebb átmérőjű vége a szabadba nyílt, a nagyobb átmérőjű pedig a köpenyüregbe. Ebben találjuk a kopoltyút is. Mint a *Nautilus*nak, nyilván a *Belemnites*nek is meg volt a lehetősége arra, hogy a tölcséren keresztül vizet lövelljen ki, s így villámgyors mozdulattal úszhassék hátrafelé. De ugyancsak a köpenyüregbe jut a belső vázas lábasfejűek „tintazacskójának" a váladéka is. A tintazacskó egy mirigy, amely veszély esetén szépiaszínű váladékot választ ki. A tölcséren keresztül a tengervízbe jutó váladék igen erősen megfesti, zavarossá teszi a vizet, s az állat az így zavarossá tett vízben néhány villámgyors tempóval könnyen megmenekül az üldöző ellenség elől. Néhány szerencsés megtartási állapotú fosszilis lelet is igazolja, hogy nemcsak a ma élő típusok között találunk olyan alakokat, amelyeknek „tintazacskó"-ja van, hanem a kihalt *Belemnites*-féléknek is meg volt ez a mirigye. Így pl. ismerünk olyan maradványt, a világhírű solnhofeni mészpalákból, amelyekben a „tintazacskó" váladéka is fosszilizálódott, de ismeretes ilyen maradvány Szíria felső krétakori rétegeiből is (110. ábra).

Mai ismereteink alalpján a belső vázas lábasfejűek ma élő, nagyságban és testfelépítésben annyira eltérő gazdag világát — mind a *Belemnites*-féléktől származtatjuk. A *Belemnites*ek is változatos állatcsoportot képviseltek, és egyáltalán nem csodálkozhatunk azon, hogy belőlük többfelé indultak ki újabb törzsfejlődési vonalak.

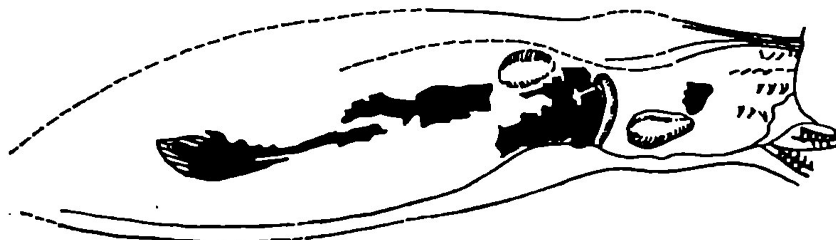
Az egyik ilyen származási vonal a szépia rokonsági körének kialakulásához veze-



109. ábra. A ma élő Nautilus *mint a külső vázasok egyetlen élő típusa, néhány belsővázas lábasfejű társaságában* (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

tett. A szépiát nevezik tintahalnak (hogy miért, azt már fentebb elmondtuk). Latin neve: *Sepia officinalis,* ami magyarra fordítva „hivatalos szépiát" jelent. Hát ez a hivatalosság meg arra vonatkozik, hogy régebben vázát a patikákban fogporkészítésre is használták, s a hivatalos gyógyszerkönyvekben mindenütt megemlítették. Ennek a váza egyébként a már emlegetett „szépiacsont", amely a kanárimadarak kalitkájában is látható. A tengerparti országok halászai nemcsak a húsáért halásszák, nemcsak a „szépiacsontot" értékesítik, hanem tintazacskójának váladékát is eladják. Ebből készült régebben a szép barna szépiafesték.

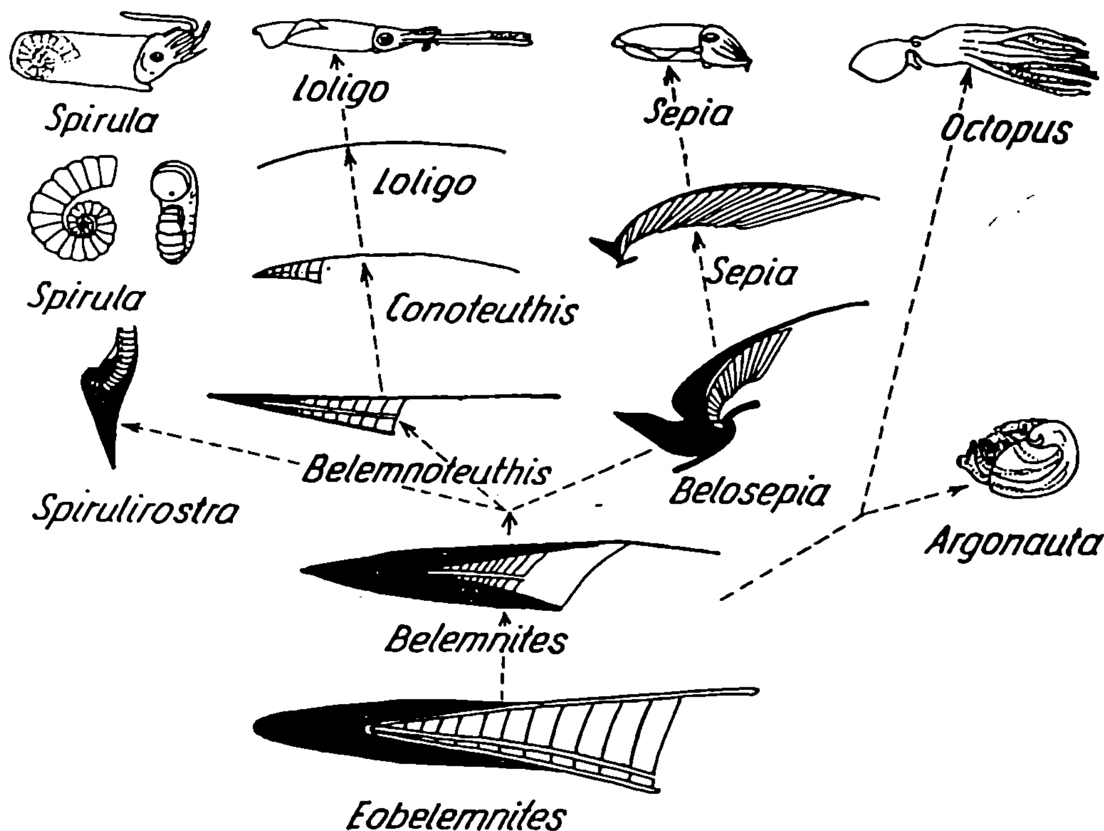
A legősibb olyan maradványt, amely már a szépia-félék rokonsági körébe sorol-



110. ábra. Belemnoteuthis syriaca, *Szíria felső krétakori rétegeiből; a maradvány a tintazacskó lenyomatát is megőrizte* (A. H. Müller *nyomán)*

ható, Kuba felső jurakori mészkövéből ismerjük. 1950-ben került elő ez a maradvány s azért is igen fontos, mert a szépiákat egyébként csak a kréta legvégétől kezdve ismertük eddig. Maradványaik a harmad időszaki rétegekből is elég ritkán kerültek elő.

Így annál örvendetesebb, hogy *Szörényi* Erzsébet a tatabányai középső eocénból kétféle maradványukat is leírta. Az egyiket a belső vázas lábasfejűek egy kitűnő kutatójának a tiszteletére *Archaeosepia naeffi*-nek nevezte el. Akkoriban (1933) még



111. ábra. A belsővázas lábasfejűek származástani kapcsolatai (Shrock—Twenhofel—Easton *nyomán)*

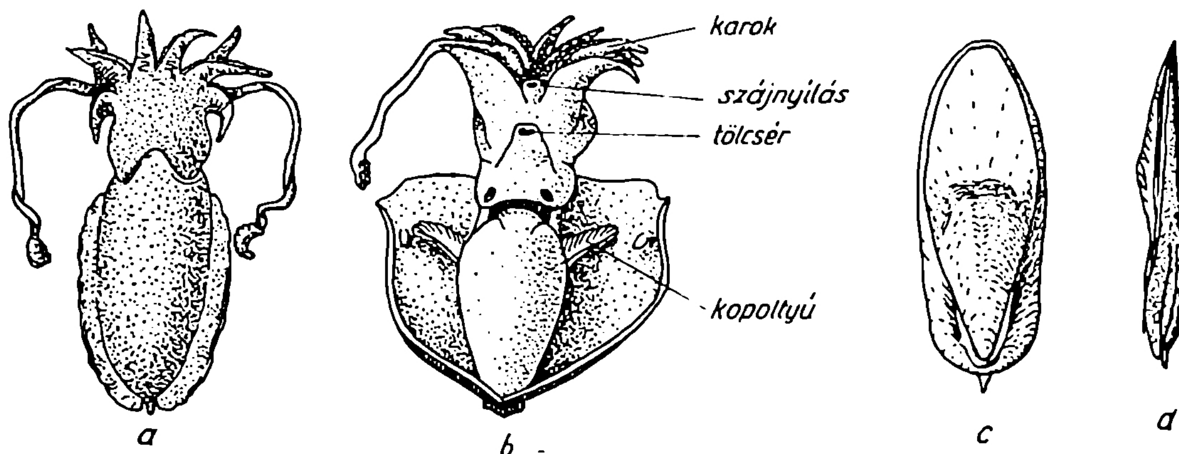
ezek a maradványok voltak a legősibb ismert szépiák. De a középső és a felső oligocén rétegeinkből is leírt tintahalmaradványokat, s így jelentősen gyarapította a tintahalakra vonatkozó ismereteinket.

Ha megnézzük a belső vázas lábasfejűek törzsfejlődési viszonyait ábrázoló képet (111. ábra), akkor jól megfigyelhetjük azokat a változásokat, amelyek a *Belemnites*-től a tintahalig vezető törzsfejlődés folyamán a belső váz alaktanában végbementek. Ennek a törzsfejlődésnek a folyamán a *Belemnites*-váz három részéből a rostrum fokozatosan elcsökevényesedik s végül már csak kis kampó alakjában található meg. Bár ez a fejlődési sor a földtörténet folyamán világosan nyomon követhető, mégis rendkívül érdekes, hogy a világhírű bécsi paleobiológus, *Abel* ezt a kis kampót nem csökevénynek, hanem éppen ellenkezőleg: kezdeménynek minősítette. *Abel* részletesen foglalkozott a belső vázas lábasfejűek paleobiológiájával, de ennek ellenére ezen a téren helytelen álláspontra jutott.

A rostrum fokozatos csökevényesedésével kapcsolatban lényeges változások történnek a phragmoconus és a proostracum felépítésében is. A phragmoconus válasz-

falai egyre inkább ferdévé válnak, a háti oldalon mindinkább előre kerülnek, s így végeredményben a proostracum födi már be a válaszfalak legnagyobb részét. Így alakul ki a ma élő szépia belsejében a „szépiacsont" (112. ábra).

A törzsfejlődési viszonyokat feltüntető ábránkon azt látjuk, hogy a *Sepia* kialakulása a *Belemnites*ből a *Belosepián* keresztül történik. *Szörényi* Erzsébet azonban előbb említett munkájában arra utalt, hogy a *Belosepiák* és *Sepiák* ugyan közös ősből fejlődtek ki, de a továbbiakban törzsfejlődésük két párhuzamos vonalon haladt, s a *Belosepiák* nem tekinthetők közvetlen *Sepia* ősöknek.

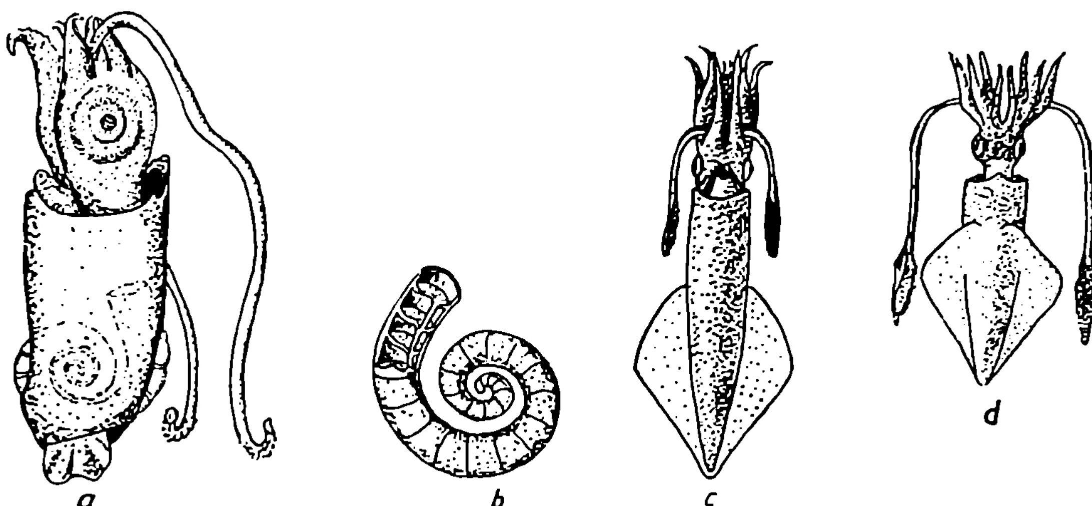


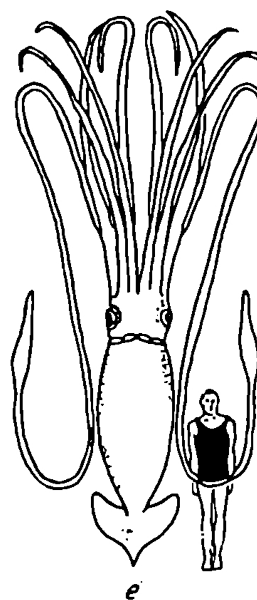
112. ábra. Szépia-félék — a = Sepia orbignyana *a háti oldaláról, és* b = Sepia elegans *a hasi oldaláról (utóbbinak a köpenye a hasi oldalról eltávolítva, hogy a kopoltyúüreget és benne a két kopoltyút láthassuk);* c—d = Sepia officinalis *váza hasi és oldalnézetben* (Easton *nyomán)*

A *Belemnites*-félékből kiinduló másik ág a *Spirulá*hoz vezet. Ezen a vonalon nemcsak a rostrum redukálódik, hanem eltűnik a proostracum is. Változáson megy át maga a phragmoconus is. A *Spirulirostrán* már megfigyelhető a rostrum redukciója, s azt is látjuk, hogy megindul a váz középső részének a becsavarodása. A *Spirula* felé vezető törzsfejlődés folyamán ugyanis a phragmoconus becsavarodik, mégpedig olyan módon, hogy a hasi oldal kerül a csavarodás belső oldalára. A szifó a hasi oldal felé eltolódva található, s hosszúra nyúlt szifótölcséreken halad keresztül. A váz 30—40 kamrára oszlik; a kamraválaszfalak egyszerűek, előrefelé homorúak (113. ábra, *a, b).* Ez a finomművű váz az állat testének hátulsó részén helyezkedik el, s a köpeny két redője nem borítja be teljesen, úgyhogy egy kis része kikandikál.

Spirula maradványokat fosszilisan csak a pliocéntől ismerünk; nem is valószínű, hogy hamarább alakult volna ki a belső vázas lábasfejűeknek ez a típusa. Ma általában a meleg vízű tengerekben él. 3 ismert élő faja nem tartozik a gyakori állatok közé. Általában amolyan 200 m körüli mélységben élnek, amint mondani szokás: a kontinentális küszöb közelében. Az elhalt állatok becsavarodott váza azonban éppen úgy, mint a *Nautilusé* is, az egykori élőhelyen túl, messzi vidékekre is elsodródhatik, s így maga a váz néha a hűvösebb vizű tengerekben is előfordul. Sejthetjük, hogyha az élő *Spirula* is ilyen ritkán kerül a kutatók szeme elé, akkor fosszilis anyagban igazán a legnagyobb ritkaságok közé tartozik.

Egy további fejlődési ág a *Belemnites*től a kalamájóhoz vezet. A kalamájó latin neve *Loligo.* A belső váz átalakulásában ennél is jelentős változások történtek.Ennek a származási sornak egyik, a *Belemnites*hez közelálló alakja a *Belemnoteuthis.* Rostruma, sőt phragmoconusa is bizonyos fokú csökevényesedést mutat a *Belemnites*hez viszonyítva. A váz mellső része, a proostracum ezzel szemben erősebben fejletté vált.





113. ábra. Belsővázas lábasfejűek — a = *a* Spirula *vázlata;* b = *becsavart váza. A becsavart váz a test hátulsó oldalán helyezkedik el, és a köpeny két lebenye között egy kis rész kiáll. A váz átmetszett részén jól láthatók az óraüvegszerű, előrefelé homorú kamraválaszfalak és a hosszú szifótölcsérek. A* c *és* d = *karcsúbb és zömökebb* Loligo*;* e = *a nagytermetű* Architeuthis. *Mindezek az alakok ma is élnek* (Easton *nyomán)*

A fejlődésnek ez az iránya már igen korán jelentkezik, hiszen az első *Belemnoteuthis*-maradványok már a triász végéről ismeretesek. A krétabeli *Conoteuthis* rostruma már egészen hiányzik, s a phragmoconus is nagymértékben visszafejlődött, míg a *Loligon* már csak a proostracum lemez alakú maradványa látható (113. ábra, *c, d)*.

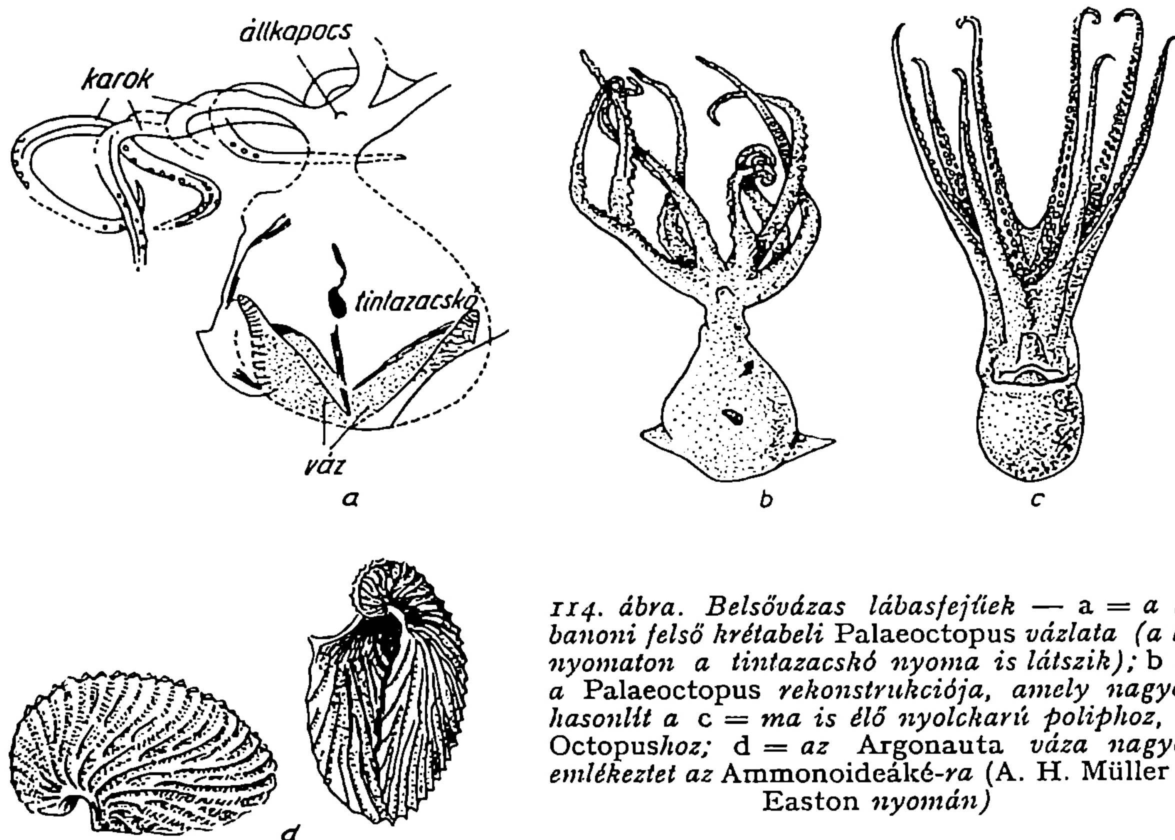
A három fejlődési ágon tehát a belső váz különböző módosulata maradt meg. Mindhárom csoport alakjaira jellemző, hogy a szájnyílás körül 10 kar helyezkedik el.

Van azonban a belső vázas alakoknak egy további csoportja is, amelyre azonban csak 8 kar jellemző. Innen származik latin nevük: *Octopus* (nyolclábú). Magyarul polipoknak nevezik. A ma élő alakoknál hiányzik a belső váz. Ezeket is a *Belemnitesek*től származtatják, a törzsfejlődés folyamán azonban a belső váz teljesen redukálódott, vagy legfeljebb szarunemű, ezért fosszilisan nem is fordul elő. Illetőleg mégiscsak előfordul: az irodalom a libanoni felső kréta időszaki rétegeiből említ egy példányt. Ezt *Woodward* még a múlt század végén *Palaeoctopus*nak nevezte el (114. ábra, *a, b)*. A polipoknak (114. *c)* tehát ez az egyetlen fosszilis képviselője, s így — sajnos — nem tudjuk pontosan nyomon követni a törzsfejlődés menetét. Éppen azért származásukat illetően több elmélet is van, amelyeket azonban az ősmaradványok eddigi előfordulásai alapján nem lehet igazolni.

Minthogy két kopoltyújuk van, a legáltalánosabb — már említett — felfogás szerint ezek olyan belső vázas lábasfejűek, amelyek a *Belemnites*-félékből kiinduló törzsfejlődés folyamán elvesztették a belső vázat, és két karjuk is redukálódott.

Más kutatók viszont azt a nézetet vallják, hogy a polipok a külső vázas lábasfejűektől származnak. E felfogás szerint a törzsfejlődés folyamán a külső váz és a kopoltyúk száma redukálódott. Az *Octopus*-féléket a külső vázas alakokból származtató kutatók

között olyanok is akadnak, akik ezeket az alakokat az *Ammonitesek* leszármazottainak tekintik. Szerintük a kréta időszak végén az *Ammonoideák* nem pusztultak ki, hanem átalakultak polipokká! Ezek a kutatók a polipok egyik érdekes alakjára, a hajóspolipra is hivatkoznak. A hajóspolip vagy *Argonauta* nősténye ugyanis két karja segítségével teste hátulsó részén külső megjelenésében az *Ammonitesek*éhez hasonló vázat választ ki. Ebben őrzi a petéket mindaddig, amíg azokból a lárvák ki nem kel-



114. ábra. Belsővázas lábasfejűek — a = *a libanoni felső krétabeli* Palaeoctopus *vázlata (a lenyomaton a tintazacskó nyoma is látszik);* b = *a* Palaeoctopus *rekonstrukciója, amely nagyon hasonlít a* c = *ma is élő nyolckarú polip*hoz, *az* Octopus*hoz;* d = *az* Argonauta *váza nagyon emlékeztet az* Ammonoideáké*-ra* (A. H. Müller *és* Easton *nyomán)*

nek. A hímnek azonban ilyen váza nincs (114. ábra, *d*), és a váza nem is kamrázott, mint az *Ammonites*eké.

A polipokról még sok adatot közölhetnénk. Az irodalom sokat foglalkozik ezekkel az állatokkal, amelyek egyebek között arról is nevezetesek, hogy színüket „kedélyállapotuk" szerint gyorsan tudják változtatni. Tengerpartok közelében éppen úgy megtaláljuk képviselőiket, mint az 1000 m körüli mélységekben. *Brehm* híres könyve — Az állatok világa — hosszú oldalakon keresztül foglalkozik a polipokkal.

Ha származásuk bizonytalan is, mégis érdekes csoportot alkotnak, s a tudományos kutatásnak előbb-utóbb rendelkezésére állnak majd olyan adatok is, amelyeknek a segítségével fényt deríthet a polipok törzsfejlődésére.

A polipokkal nemcsak a lábasfejűek, hanem a gerinctelen ősállatok őslénytanilag legfontosabb törzsének, a puhatestűek ismertetésének is a végére értünk.

A következőkben most már új fejlődési vonalak, új állattípusok származását vizsgáljuk.

A TENGERFENÉKTŐL A LEVEGŐ MEGHÓDÍTÁSÁIG

Az eddig még nem említett állattípusok közé tartoznak az ízeltlábúak: a ma élő állatok világának legváltozatosabb, legformagazdagabb csoportja. Alakjaikat megtaláljuk a sós- és édesvízben, a földben és a földön, sőt a levegőben is. Egyes kimutatások szerint mintegy ötnegyed millió állatfaj él ma, s ebből kb. 800 000 az ízeltlábú. Magyarország faunájának összetételében kereken 30 000 állatfajt tartanak nyilván a zoológusok, s ebből mintegy 27 000 ízeltlábú.

A földtörténet folymán ennek az állattörzsnek a képviselői nagyon korán kialakultak. Már az alsó kambriumból egész sereg alakjuk ismeretes, és így nyilvánvaló, hogy törzsfejlődésük messze visszanyúlik a prekambriumi időkbe, bár a törzsfejlődésnek erről a szakaszáról alig állnak bizonyítékok a rendelkezésünkre.

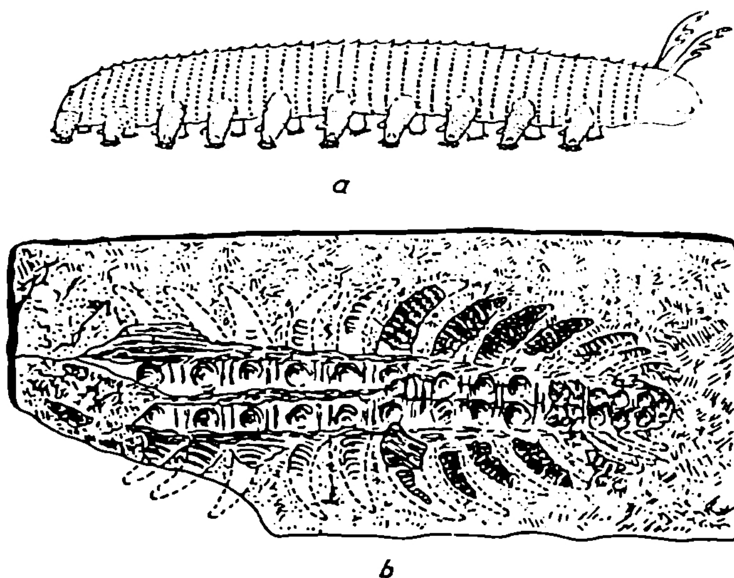
Amikor a puhatestűek törzsének fejlődését vizsgáltuk, megemlítettük már, hogy a gyűrűsférgek csoportjából többfelé is kiindultak fejlődési vonalak. Nos, az egyik ilyen származási vonal egy roppant sajátságos, a földtörténeti múlt régi idejéből ismert, de ma is élő állatcsoport létrejöttéhez vezetett. Ezt az állatcsoportot szokták előlégcsöveseknek *(Protracheata)* vagy féreglábúaknak *(Archipodiata)* nevezni. Testük ugyanúgy szelvényezett, mint a gyűrűsférgeké, és természetesen kétoldalian részarányos. Lábuk azonban felépítésében mind a férgek, mind az ízeltlábúak lábától eltér, rövid, kúphoz hasonló és karmokkal van ellátva. Tüzetesebb vizsgálattal az is megállapítható, hogy a lábaknak nincs saját izomzata, mint az ízeltlábúakénak. Így ezek a végtagok valóban a férgek és az ízeltlábúak végtagjainak fejlettsége között állanak. Az *előlégcsöves* név arra vonatkozik, hogy nem kopoltyúkkal lélegzenek, hanem az ízeltlábúakéhoz hasonló légcsöveik *(trachedik)* vannak.

Ennek a típusnak, mint mondottuk, vannak — bár elég kis számban — ma is élő képviselői. De az ősmaradvány-anyagban is találkozunk ide sorolható alakokkal. Ilyen az észak-amerikai Sziklás-hegység világhírű középső kambriumi Burgess-paláinak egyik maradványa, amelyet a magyar nyelvnek szinte kimondhatatlan *Aysheaia* (115. ábra, *a)* néven írtak le. Nem sokkal könnyebb kiejteni egy hasonló európai lelet, a *Xenusion* nevét sem (115. ábra, *b)*. Ez a maradvány az Északnémet-síkság egyik vándorkövéből származik, s eleinte a bezáró kőzetanyag sajátosságai alapján prekambriumi korúnak gondolták. *Schindewolf* azonban egy 1956-ban közzétett értekezésében nagyon is elfogadható érveket hozott föl ezzel a kormeghatározással szemben, s kimutatta, hogy a *Xenusion* legföljebb kambriumi lehet, ha nem még fiatalabb. A kérdés eldöntése természetesen egyáltalában nem könnyű, hiszen a maradványt magába záró kőzetdarab a pleisztocén folyamán a mozgó jégtömegekkel került valahonnan Skandináviából a mai helyére. A maradvány tehát, mint a paleontológusok ilyenkor mondani szokták — nem szálban álló kőzetből ismeretes.

Talán nem is olyan fontos a jelen esetben, hogy a *Xenusion* korát egészen ponto-

san tudjuk. Elég, ha fölismerjük azt a tényt, hogy a ma is élő típust korban messze-messze megelőzve, a földtörténeti ókor elején is éltek már olyan állatok mind Európában, mind pedig Amerikában, amelyek testszabásukban mintegy középső helyet foglalnak el a gyűrűsférgek és az ízeltlábúak között. Ez a tény mindenképpen igazolja, hogy az ízeltlábúak is, miként a puhatestűek, a gyűrűsférgektől származtathatók.

Mindenesetre úgy tűnik, hogy az *Aysheaia* és a *Xenusion* is szárazföldi állatok voltak. Ez roppant meglepő, mert a kambriumból a szárazföldi állatoknak egyébként



115. ábra. Az előlégcsövesek két híres képviselője — a = *az amerikai* Aysheaia *és* b = *az európai* Xenusion *(*Shrock—Twenhofel *nyomán)*

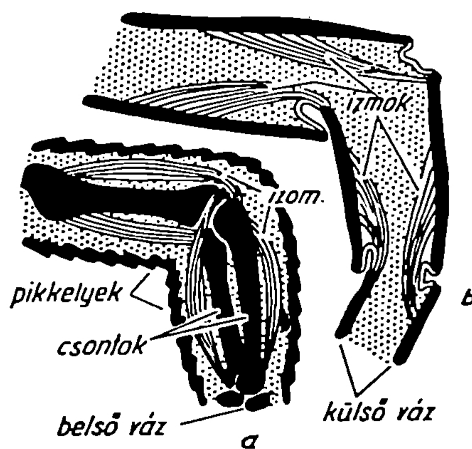
semmiféle maradványát nem ismerjük. Azok az ízeltlábúak, amelyek a kambriumban már olyan nagy alakgazdagságban ismeretesek, egytől egyig vízben, éspedig tengerben élő állatok voltak.

Az ízeltlábúak a gyűrűsférgeknél kétségtelenül magasabb törzsfejlődési fokon állanak, de az előbb emlegetett két furcsa, nehezen kimondható nevű állatnál is. A test szelvényei ugyanis magasabbfokú elkülönültségről, specializációról tesznek tanúbizonyságot. Hasonlóképpen az egyes testszelvények függelékei is jelentős módosulásokat mutatnak. A szelvények összeolvadása különböző, legtöbbnyire világosan elkülöníthető testtájékok *(fej, tor, potroh)* kialakulására vezet. Kialakul a kitinanyagból álló külső szilárd váz, az ízeltlábúaknak ez az igen jellegzetes sajátossága. Sajnos, a kitinanyag (amely vegyileg nitrogéntartalmú polysaccharida) kövesülésre nem alkalmas. Sok ízeltlábú kitinanyagába azonban mészsók rakódnak le, s ez már fosszilizálódhatik. Ennek a ténynek köszönhetjük, hogy az ízeltlábúak maradványai régi földtörténeti időktől nyomon követhetők.

Az ízeltlábúak egyes szervrendszereinek a kialakulásában is nagyfokú előrehaladást figyelhetünk meg a gyűrűsférgekhez viszonyítva. Az egyes szelvényekhez kapcsolódó végtagok ízekből állanak és saját izomzatuk van. Erre vonatkozik az ízeltlábú elnevezés. Érdekes ebből a szempontból az ízeltlábúak külső vázas végtagjait összehasonlítanunk a gerincesek, pl. egy gyík belső vázas végtagjával. Az izmok természetesen csak szilárd alapra tapadva fejthetik ki működésüket. Egyrészt érdekes megfigyelni (116. ábra), hogyan fest belülről, metszetben a gerincesek és az ízeltlábúak

végtagja. Ha e vázlatot megfigyeljük, szemünkbe tűnik, hogy az izmok a gerinces végtag szilárd belső vázához, a csontokhoz tapadnak, míg az ízeltlábúakban a kitinanyagból álló külső szilárd vázhoz, s így, mozgatják a végtagokat összehúzódásukkal illetve elernyedésükkel.

Már említettük, hogy a kitinváz — ha nem rakódnak bele mészsók, főleg kalciumkarbonát — alig alkalmas fosszilizációra. Így az ízeltlábúak ősi törzsfejlődésének bizonyára sok alakja hiányzik mai ismeretanyagunkból, s ezért nagy nehézségekkel kell megküzdenie az ősállattudománynak ahhoz, hogy e hallatlanul gazdag és szétágazó állattörzsben az egyes származási kapcsolatokat felismerje és helyesen értelmezze. Ezért van aztán, hogy „ahány ház annyi szokás", ami jelen esetben azt jelenti, hogy csaknem minden paleontológiai kézikönyv másképpen rendszerezi az ízeltlábúakat, s persze az ősállatokkal és a ma is élő állatokkal foglalkozó kutatók rendszerét is legtöbbnyire nagyon nehéz összehangolni.



116. ábra. Gerinces és ízeltlábú végtagjának összehasonlítása — a = *a gyík gerinces állat, végtagjaiban belül van a szilárd váz, az izmok tapadási helye;* b = *az ízeltlábúak külső kitinvázzal rendelkeznek, s itt az izmok a külső kitinvázra tapadnak* (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

1962-ben jelent meg Moszkvában a Orosz SZSZK egyetemei és főiskolái számára egy ősállattani tankönyv, amely a gerinctelenek maradványaival foglalkozik. A kitűnő és világos tankönyv az ízeltlábúakat is nagyon áttekinthetően tárgyalja, s így mi most a továbbiakban ezt a vezérfonalat követjük.

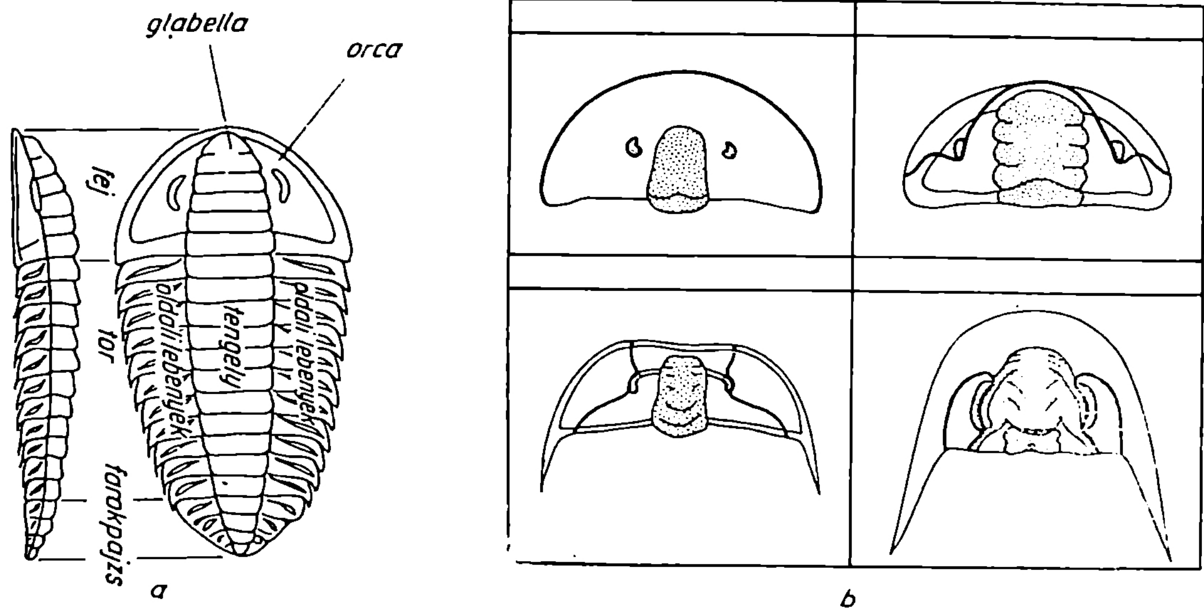
Ez a tankönyv az ízeltlábúak törzsét 5 főosztályban ismerteti, elsőként a háromkaréjos ősrákszerűeket *(Trilobitomorpha)*. Ezek sorában a háromkaréjos ősrákoké a főszerep s így először ezekkel ismerkedünk meg.

A háromkaréjos ősrákok *(Trilobita)* jellegzetesen a földtörténeti ókor élőlényei. A kambrium elejének a tengereiben a sekély vizű területeket már nagy alakgazdagságban népesítik be. Ez a formagazdagság a felső kambriumban eléri a maximumot, s folytatódik az orodiviciumon át is. A szilurban nagyfokú elszegényedést figyelhetünk meg, ezt a devonban újabb, de már jóval szerényebb méretű felvirágzás követi. Innen kezdve a háromkaréjos ősrákok alakköre egyre szegényebbé válik, majd a perm közepe táján utódok nélkül, véglegesen ki is pusztul. Az a tény, hogy a kambrium elején sokféle alakjukkal találkozunk, kétségtelenné teszi, hogy a kambrium előtt, az algonkiumban is már hosszú fejlődésen mentek át, de innen — sajnos — nem állnak rendelkezésünkre ősmaradványok. Ezért pontosabb eredetük éppen olyan homályos, mint a törzsfejlődésük kezdeti szakasza.

Első képviselőik az osztály valamennyi jellegét magukon viselik már. Háti oldalukon olyan kitinpáncélt találunk, amelybe kalciumkarbonát és kalciumfoszfát rakódott. Így könnyen fosszilizálódhatnak. Az 1 mm vastag kitinpáncélnak aránylag igen bonyolult a felépítése. Sok rétegből áll. A háti oldal páncélzata mind hosszanti, mind pedig kereszt irányban 3 részre oszlik; innen származik a háromkaréjos ősrák megjelölése is. A háti páncél mellső része a fej, e mögött következik a tor, majd a farokpajzs. A fej középső részét a kidudorodó, *glabellá*nak nevezett rész alkotja, ennek két oldalán találjuk az orcákat. A tor és a farokpajzs középső részét orsónak, a szélsőket pedig lebenyeknek, *pleurá*knak mondjuk. Így tehát a mindkét irányban megnyilvánuló háromosztatúság (117. ábra, *a)* valóban jól felismerhető.

Minthogy a háromkaréjos ősrákoknak semmiféle mai leszármazottja nincs, mindent, amit ezzel a kihalt ízeltlábú osztállyal kapcsolatban megállapíthatunk, az ősmaradványokként rendelkezésünkre álló anyag részletes alaktani vizsgálata alapján sikerült kielemezni.

Mint minden kitinvázas ízeltlábú, a háromkaréjos ősrákok is vedléssel növekedtek. A levetett, szűkké vált páncélok a „vedlőhelyeken" néha hihetetlen tömegben



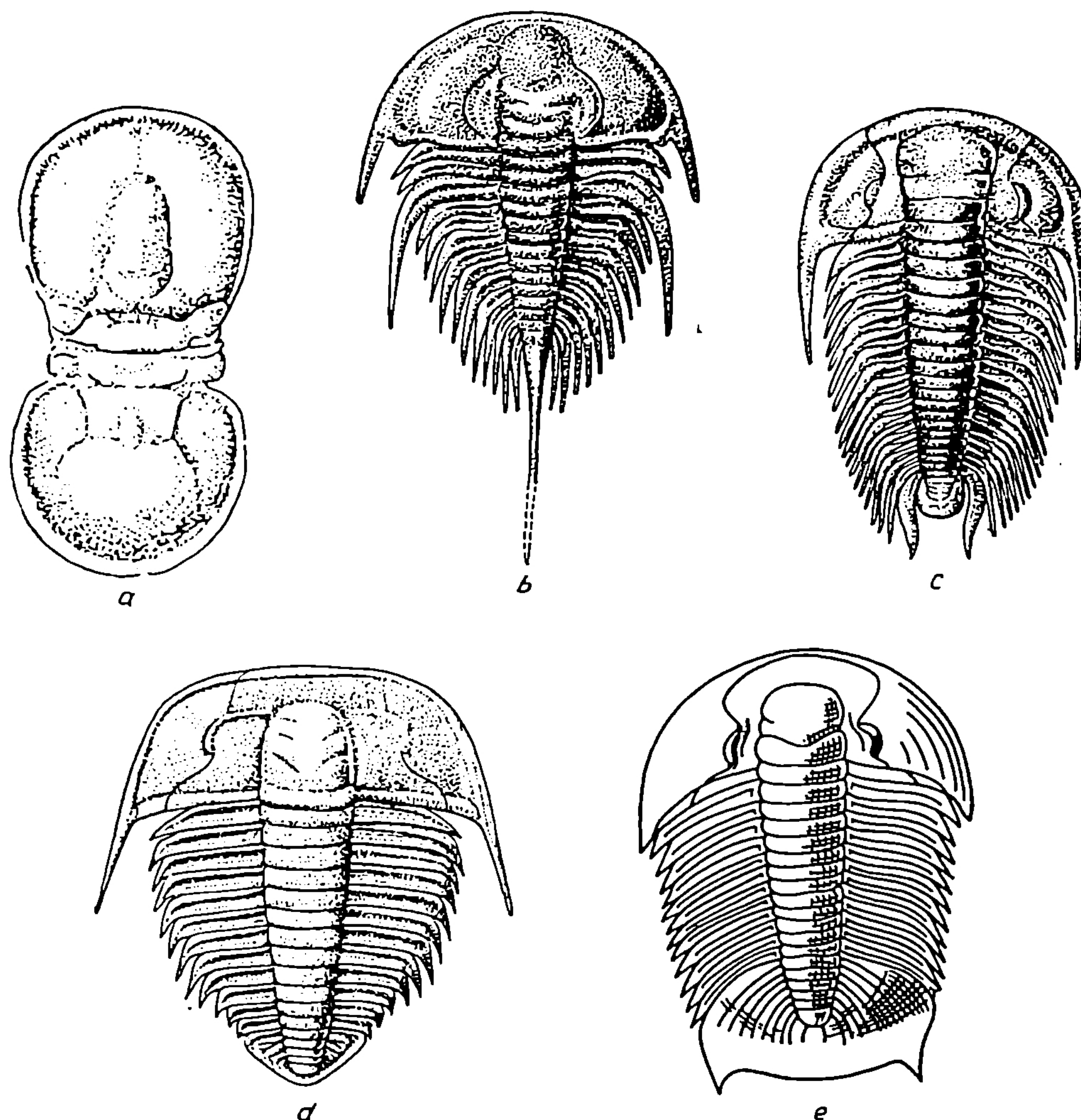
117. ábra. A háromkaréjos ősrákok testének vázlata oldal- és felülnézetben (a)*; mind haránt-, mind hosszirányban jól felismerhetően három „karéj"-ra tagolódik;* b = *az arc varratvonal típusai a háromkaréjos ősrákokon. A törzsfejlődés kezdeti szakában az arc varratvonala a fejpajzs szélén fut le (protoparia jellegű, baloldalt fent), de ugyanezt az állapotot figyelhetjük meg néhány magas törzsfejlődésű alakon is (hypoparia jellegű). Egyeseken az arc varratvonala a fej külső peremén (proparia jellegű, jobboldalt fent); másokon a fejpajzs hátulsó peremén (opisthoparia jellegű, baloldalt lent) éri el a fejpajzs szélét. Ismét más alakokon (metaparia jellegű, jobboldalt lent) a varratvonal mindkét vége a fejpajzs hátulsó peremén fekszik* (A. H. Müller *nyomán)*

halmozódtak fel és fosszilizálódtak. Ennek következtében sok esetben egyedi fejlődésüknek szinte minden mozzanatát nyomon követhetjük, s a kitinpáncél gondos vizsgálata messzemenő következtetéseket tesz lehetővé. A páncél levetése alkalmával fontos volt, hogy a szemek ne sérüljenek meg. Így a fejen, az orcákon *varratvonalak* haladtak keresztül, amelyek mentén a kitinpáncél fölhasadhatott. Ezeknek a varratvonalaknak a lefutása a törzsfejlődés különböző szakaszaiban a különböző rendek képviselőin más és más, ezért egyúttal igen fontos rendszertani bélyeg is. Roppant érdekes (117. ábra, *b)*, hogy a legkezdetlegesebb jellegű varratvonal a törzsfejlődés későbbi folyamán újból megjelenik.

A fej több szelvény egybeolvadásából alakult ki. Ezt világosan elárulják azok a barázdák, amelyek az alacsonyabb törzsfejlődési fokon álló alakok glabelláján figyelhetők meg. Ugyanezen alakok torszelvényeinek a száma nagy, a farokpajzs pedig — a fejhez viszonyítva — kicsiny. Ezek a megállapítások sem mind teljes egészükben érvényesek valamennyi háromkaréjos ősrák-csoportra. Hiszen vannak kutatók, akik a kezdetleges, „*protoparia*" jellegű arcvarratvonalat minden esetben magasabb törzsfejlődési állapotot jelző bélyegnek tekintik. Mások szerint — s ezt már régebben is

állítják — egyik-másik fejlődési vonalon nagyon hamar bekövetkezett mindannak a jellegnek a kialakulása, amely más törzsfejlődési ágakon csak hosszú idő múltán jelentkezett.

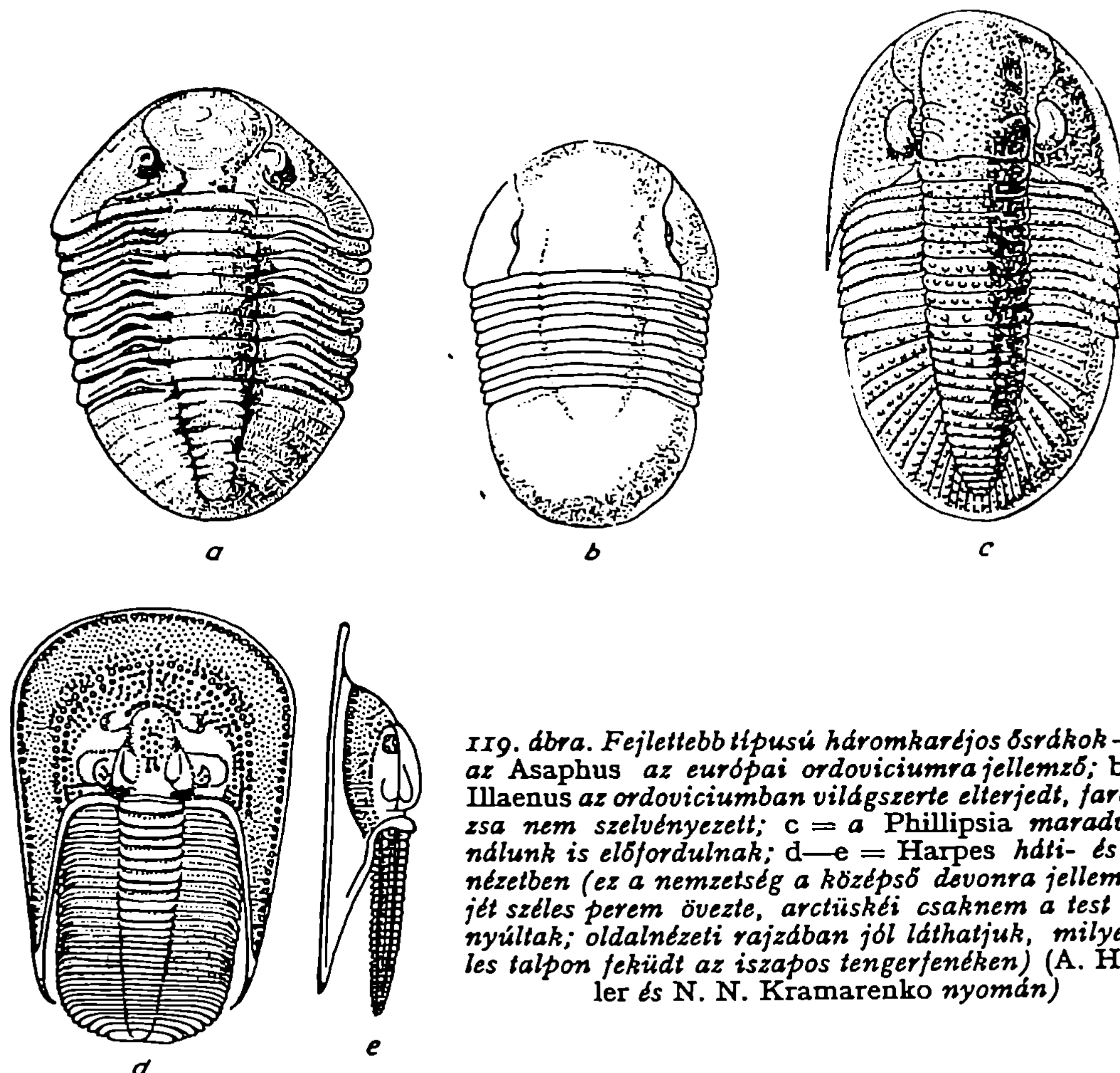
Azokat az alakokat, amelyek már a kambriumban igen alacsony (2—3) számú torszelvénnyel jelennek meg s részben már a kambriumban ki is pusztulnak, vagy más típusaikban — erősen megfogyatkozva ugyan —, de még az ordovicium végéig is megtalálhatók, *Miomeria* néven foglalták ösze. Ez a név „kevés szelvényűt" jelent. Egyik képviselője az *Agnostus* (118. ábra, *a*). A másik csoportba a „sokszelvényűek" *(Pliomeria)* tartoznak. Ezek sorából az alsó kambriumban szintjelző szerepet játszó



118. ábra. Kambriumi Trilobiták — a = Agnostus; *csak két torszelvénye van, a fej- és farokpajzs csaknem egyforma nagy (főleg a középső kambriumban gyakori);* b = *az* Olenellus *harmadik torszelvényéből hatalmas tüske nyúlik hátrafelé (az alsó kambrium vezérlő háromkaréjos ősrákja);* c = *a* Paradoxides *a csehországi középső kambriumi rétegekben nagyon gyakori;* d = *az* Olenus *is még a primitív alakok sorába tartozik, de glabelláján a barázdák már jóval elmosódottabbak;* e = Dicelocephalus *(az előbbivel együtt a felső kambriumra jellemző), farokpajzsa már megnagyobbodott, de glabelláján halványan még felismerhető a szelvényezettség (*N. N. Kramarenko, A. H. Müller *és* Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

Olenellust (118. ábra, *b)* és a középső kambriumi *Paradoxidest* (118. ábra, *c)* említjük. A felső kambrium európai kifejlődésében az *Olenus* (118. ábra, *d)* a szintjelző, Észak-Amerika nyugati partvidékén pedig a *Dicelocephalus* (118. ábra, *e)*.

A törzsfejlődésileg fejlettebb csoportok képviselői közül is bemutatunk néhány jellegzetesebb nemzetséget (119. ábra). Vannak aztán különleges jellegeket mutató



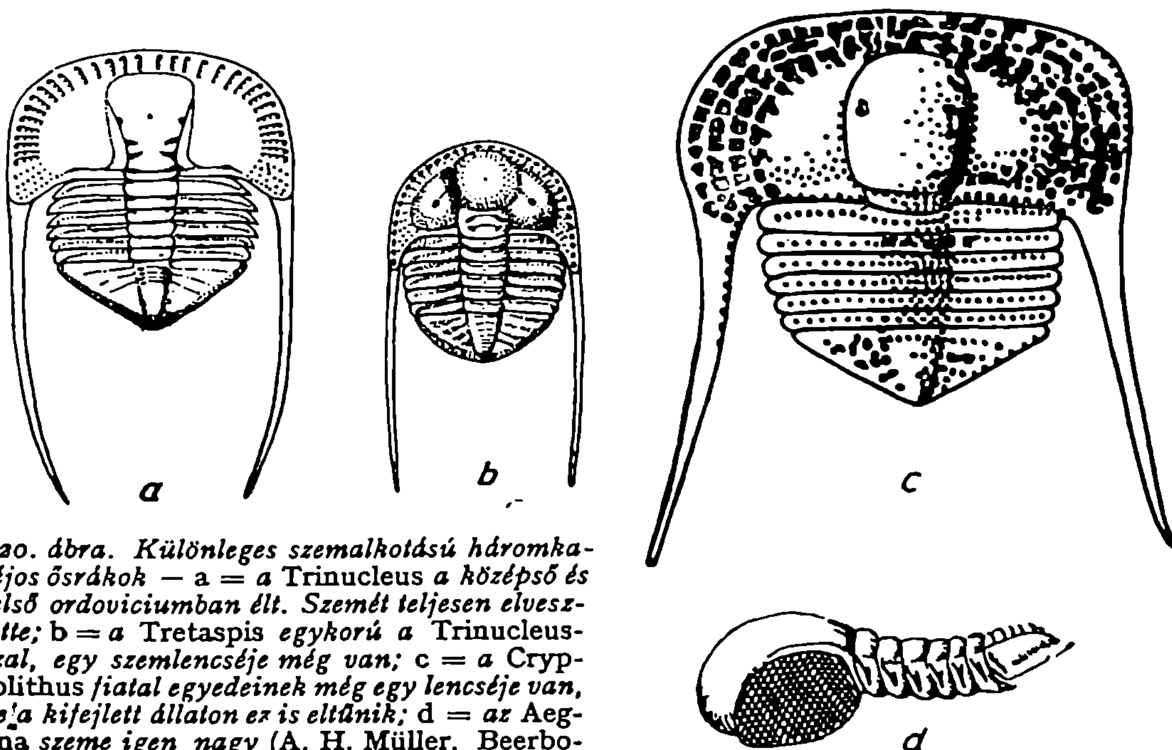
119. ábra. Fejlettebb típusú háromkaréjos ősrákok — a = az Asaphus *az európai ordoviciumra jellemző;* b = *az* Illaenus *az ordoviciumban világszerte elterjedt, farokpajzsa nem szelvényezett;* c = *a* Phillipsia *maradványai nálunk is előfordulnak;* d—e = Harpes *háti- és oldalnézetben (ez a nemzetség a középső devonra jellemző, fejét széles perem övezte, arctüskéi csaknem a test végéig nyúltak; oldalnézeti rajzában jól láthatjuk, milyen széles talpon feküdt az iszapos tengerfenéken)* (A. H. Müller *és* N. N. Kramarenko *nyomán)*

alakok is. Így a szem nélküli *Trinucleus.* Rokonságába egész sor hasonló alak is tartozik. Jellemzőjük a szem hiánya, illetőleg esetleg egyetlenegy lencse jelenléte (120. ábra, *a, b)*. Szem nélküliek az *Agnostus*-félék is.

E jelenség megértéséhez meg kell vizsgálnunk, hogy milyen szeme volt a háromkaréjos ősrákoknak. Bizonyára mindenki megfigyelte már valamilyen lepkének a szemét. Már egyszerű nagyító alatt is jól láthatjuk, hogy összetett szemük van. Ugyanígy összetett szemük volt a háromkaréjos ősrákoknak is. Az egyes lencsék sokszögszerűen rendeződtek el egymás mellett ún. *facettás szem*et alkotva. A lencsék néha oly aprók, hogy 1 mm²-nyi területen 2—14 lencse is előfordulhat, az egész szem pedig 1500 lencséből is állhat. Más esetben a lencsék nem csatlakoznak egymáshoz szorosan, hanem köztük még hézag van. Nos, ezek az összetett szemek egyes csoportok-

ban annyira redukálódhatnak, hogy a végén csak egy lencse marad meg, vagy egy sem — amint ezt föntebb olvastuk. Érdekes a *Cryptolithus* (120. ábra, *c)* nemzetség, melynél a fiatal alaknak még egyetlenegy lencséje van, de a kifejlett állat egészen vak.

Régebben még azt gondolták, hogy a szem nélküli alakok ősi, primitív típust képviselnek, s csak később fejlődött ki a háromkaréjos ősrákok szeme. Ma már tudjuk, hogy ennek éppen az ellenkezője igaz: a szemnélküliség magasfokú specializáltságot, meghatározott, szigorúan megszabott életkörülményekhez való alkalmazkodást jelent. Minden bizonnyal olyan alakokon fordult elő a szem visszafejlődése, amelyek fény nélküli élettérbe kerültek. (Valószínűleg iszapba fúródó életmódot folytató



120. ábra. Különleges szemalkotású háromkaréjos ősrákok — a = a Trinucleus *a középső és felső ordoviciumban élt. Szemét teljesen elvesztette;* b = *a* Tretaspis *egykorú a* Trinucleusszal, *egy szemlencséje még van;* c = *a* Cryptolithus *fiatal egyedeinek még egy lencséje van, de a kifejlett állaton ez is eltűnik;* d = *az* Aeglina *szeme igen nagy* (A. H. Müller, Beerbower *és* Easton *nyomán)*

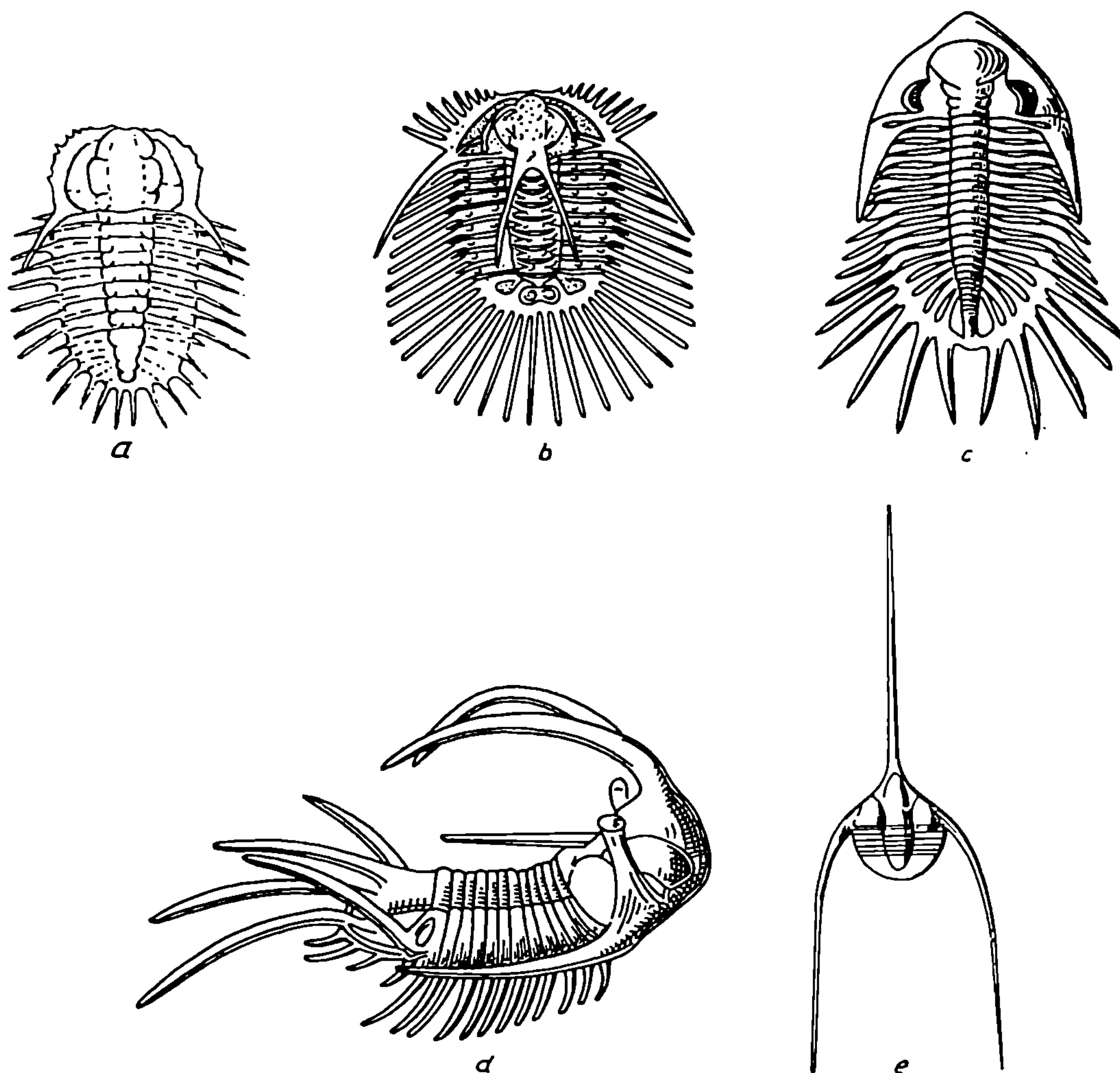
alakok voltak). Egyes kutatók a *Trinucleus*ban és rokonaiban a nagyobb tengermélységek fénynélküli területeinek lakóit látják. Ennek az elgondolásnak azonban határozottan ellentmond az a tény, hogy ezek az alakok is éppen úgy a sekélytengeri üledékekben találhatók, mint a többi háromkaréjos ősrák.

Vannak olyan alakok is, amelyeknek szeme rendkívüli mértékben megnagyobbodik. Az *Aeglina*nál annyira megnagyobbodtak oldalt és lefelé, hogy a hasi oldalon a két szem csaknem összeér (120. ábra, *d)*. Más *Trilobiták* szeme hosszabb vagy rövidebb nyélen ül, s ezáltal kiemelkedik a test felületéből. Kétségtelen, hogy mind a megnagyobbodott, mind pedig a kiemelkedő, nyélen ülő szem nagyobb terület átlátására alkalmas. Ezért az ilyen szemű formákról általában azt gondolják, hogy úszó életmódot folytattak. Ezeknek kétségtelenül nagy szükségük volt arra, hogy nagyobb területet tekinthessenek át, hogy ellenségeik elől könnyebben és biztosabban menekülhessenek. Sőt olyan elképzelés is volt, hogy az *Aeglina* esti időben, gyér világosságban, hátán úszva vadászott eleségére, ezért volt szüksége az erősen fejlett, és különösen a hasi oldalon megnövekedett szemre.

Sajnos, egyelőre a szemekre vonatkozó elgondolásokban is még nagyon sok a fel-

tevés, miután a háromkaréjos ősrákok megjelenésüktől kezdve már csaknem minden típust képviselnek: szemnélkülit, normális szeműt, megnagyobbodott látóterűt, s minthogy a megelőző törzsfejlődés ismeretlen, a jelenségeket többféleképpen is értelmezhetjük.

A *Trilobiták* törzsfejlődésének további sajátságos jellemvonása a tüskék megjelenése. A *Pliomerák* minden csoportjában találkozunk tüskékkel bíró alakokkal. Ezeknek néhány képviselőjét itt képen is bemutatjuk (121. ábra). Az *Acidaspis, Radiaspis* és *Asteropyge* esetében nagyon valószínűnek látszik, hogy a tüskék a testfelület megnagyobbítását célozták. Ez lehetővé tette az állatok számára a lebegést, tehát bizonyos fokig a planktonikus életmódot. Ez a magyarázat annál is inkább elfogadható, mert hasonló lebegtető szervekkel a ma élő állatok sorában is elég gyakran találkozunk. Nehéz azonban ugyanezt a magyarázatot a *Ceratarges* vagy az *Ampyx* esetében elfo-



121. ábra. Tüskés háromkaréjos ősrákok — a = Acidaspis; b = Radiaspis; c = Asteropyge. *Ezeknek az alakoknak a tüskéi a testfelület megnagyobbításával nyilván a vízben való lebegést könnyítették meg;* d = *a* Ceratarges *tüskéi a lebegésen kívül valószínűleg ijesztésül is szolgáltak;* e = *az* Ampyx *sajátságosan fejlett három hosszú tüskéje különleges életmódra utal* (Beerbower és Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

gadnunk. Ezeken talán inkább még védelmi berendezésként foghatjuk fel a tüskék kialakulását, mert sem elrendeződésükben, sem alakjukban nem látszanak alkalmasnak arra, hogy lebegtető szervek legyenek. Ismét egy újabb rejtély a háromkaréjos ősrákok sokaságában, amelynek megfejtése még a jövő feladatai közé tartozik. Sok kérdést vet fel a *Ceratarges*, nemcsak ijesztő tüskéi, hanem hosszú nyélen ülő szemei miatt is.

Miután a test hasi oldalának kitinanyagába nem rakódtak mészsók, az kevésbé volt ellenálló, ezért csak egészen kivételes esetekben maradt meg fosszilisan. A hasi oldalnak ez az állapota természetesen a védelem szempontjából is bizonyos fokú hátrányt jelentett. Az állatok hasi oldalukon védtelenebbek voltak. Ennek kiküszöbölésére csakhamar megszerezték a háromkaréjos ősrákok a becsavarodási képességet. Gondoljunk csak a sündisznóra: veszély esetén összegömbölyödik, s a külvilág felé tüskéi védelmezik. Ugyanígy a becsavarodott háromkaréjos ősrákokat is a kemény háti páncél védte meg a támadás ellen. A becsavarodás végeredményben vagy úgy történt, hogy a torszelvények valamennyien egyformán vettek részt a becsavarodásban, és így többé-kevésbé gömb alakúvá, vagy pedig csak kevés torszelvény vett részt a becsavarodásban, s így inkább korongszerűvé vált az állat.

Részletesen ismerjük a háromkaréjos ősrákok egyedi fejlődését is. Az egyedi fejlődés az állatvilág legnagyobb részében palingenetikus, ami annyit jelent a *Haeckel*-féle biogenetikai szabály értelmében, hogy az egyedi fejlődés a törzsfejlődés rövid megismétlése. A háromkaréjos ősrákok egyedi fejlődéséből így törzsfejlődési viszonyaikra is sok következtetést vonhattak le az őslettudomány búvárai, sőt még a ma is élő ízeltlábúak rokonsági kapcsolatainak tisztázásához is nagymértékben figyelembe veszik az egyedi fejlődés egyes jelenségeit. Ebből a szempontból tehát egyedi fejlődésük igen fontos. Részletesebben azonban itt nem foglalkozunk a különböző egyedi fejlődési állapotokkal, mert igen messzire vezetne ennek tárgyalása.

Mint említettük, a vedlés folyamatát is nagyon alaposan lehetett nyomon követni. A levetett és az üledékbe ágyazódott páncélok *(exuviae)* jól felismerhető szabályszerűséggel helyezkednek el az üledékben.

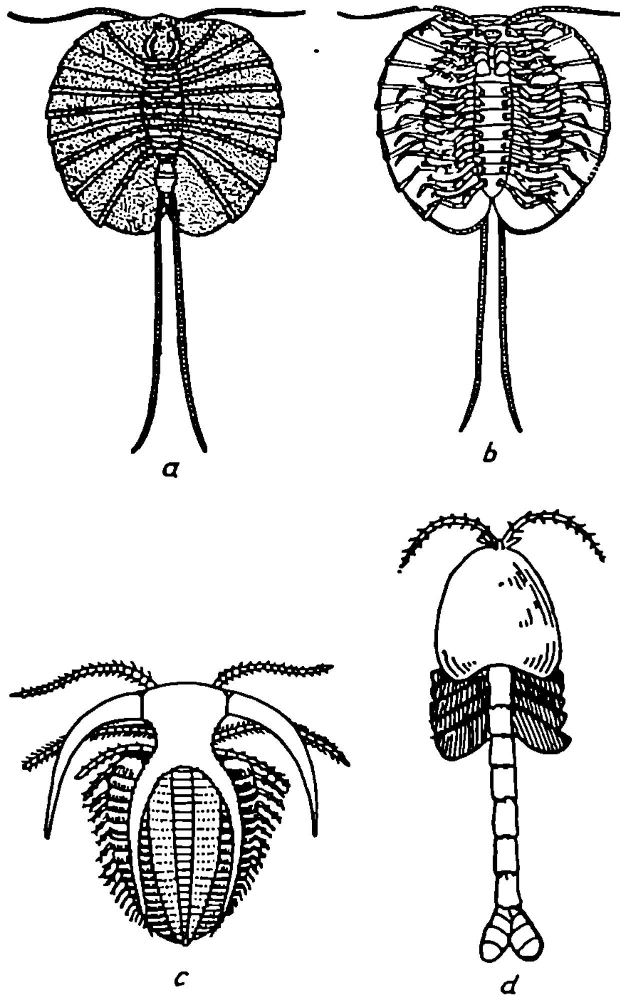
Belső szervezettségükről aránylag kevés biztosat tudunk. Az emésztőrendszerükre, „szívükre" vonatkozó adatok több-kevesebb biztonsággal megállapíthatók, de például szaporító- és kiválasztószerveik felépítéséről semmiféle adat nem áll rendelkezésünkre.

Táplálkozásukban valószínűleg sokféle élelem szerepelt. Növényi és állati táplálékkal, korhadó, rothadó, bomló szerves anyaggal éppen úgy táplálkozhattak, mint ahogy apróbb szervezetekre vadásztak, s így valóságos ragadozók is voltak. Sok háromkaréjos ősráknak egész alaktani megjelenése világosan igazolja, hogy a tengerfenék iszapjának tetején mászkált, s az iszapban található apró szerves törmeléket fogyasztotta. Többségük kétségtelenül a tengerfenéken élte végig életét, esetleg kissé fölemelkedve úszott is. Kisebb részük aktív úszó is lehetett, néhány alakjuk pedig — mint már erről szó volt — lebegni is tudott. A *Trilobiták* alaktanilag roppant változatos sokaságában tehát az életmód nagyarányú különbözőségeivel találkozunk.

A *Trilobiták* tanulmányozása terén nagy érdemeket szerzett a múlt század második negyedében a Csehországba származott francia kutató: *Barrande*. Ő a Prága környéki ópaleozóos rétegekből ezerszámra gyűjtötte és határozta meg a háromkaréjos ősrákokat. Közben az egész terület földtani felépítését is részletesen tanulmányozta, s így a cseh őslénytanban és földtanban valóban hervadhatatlan érdemeket szerzett. A prágai Nemzeti Múzeum Föld- és őslénytani osztályát ma is Barrandeumnak nevezik, s a Cseh medencét is szokták Barrande medence néven említeni, sőt rétegtani taglalásukban barrandei emeletről is beszélnek.

Magyarországon a háromkaréjos ősrákok csak nagyon gyéren fordulnak elő. A Bükk-hegység fáradhatatlan, kitűnő kutatójának, a magyar geológusok egyik nagymesterének, *Schréter* Zoltánnak a nevéhez fűződik az első hazai háromkaréjos ősmaradványok megtalálásának az érdeme. Nagyvisnyó határában a *Phillipsia* maradványait találta meg, s így elsőnek mutatta ki innen ezeket a maradványokat.

Magukról a *Trilobitákról* is még sok mindent lehetne elmondanunk, de nézzük meg most még a *Trilobitomorpha* főosztály többi osztályának néhány képviselőjét is.



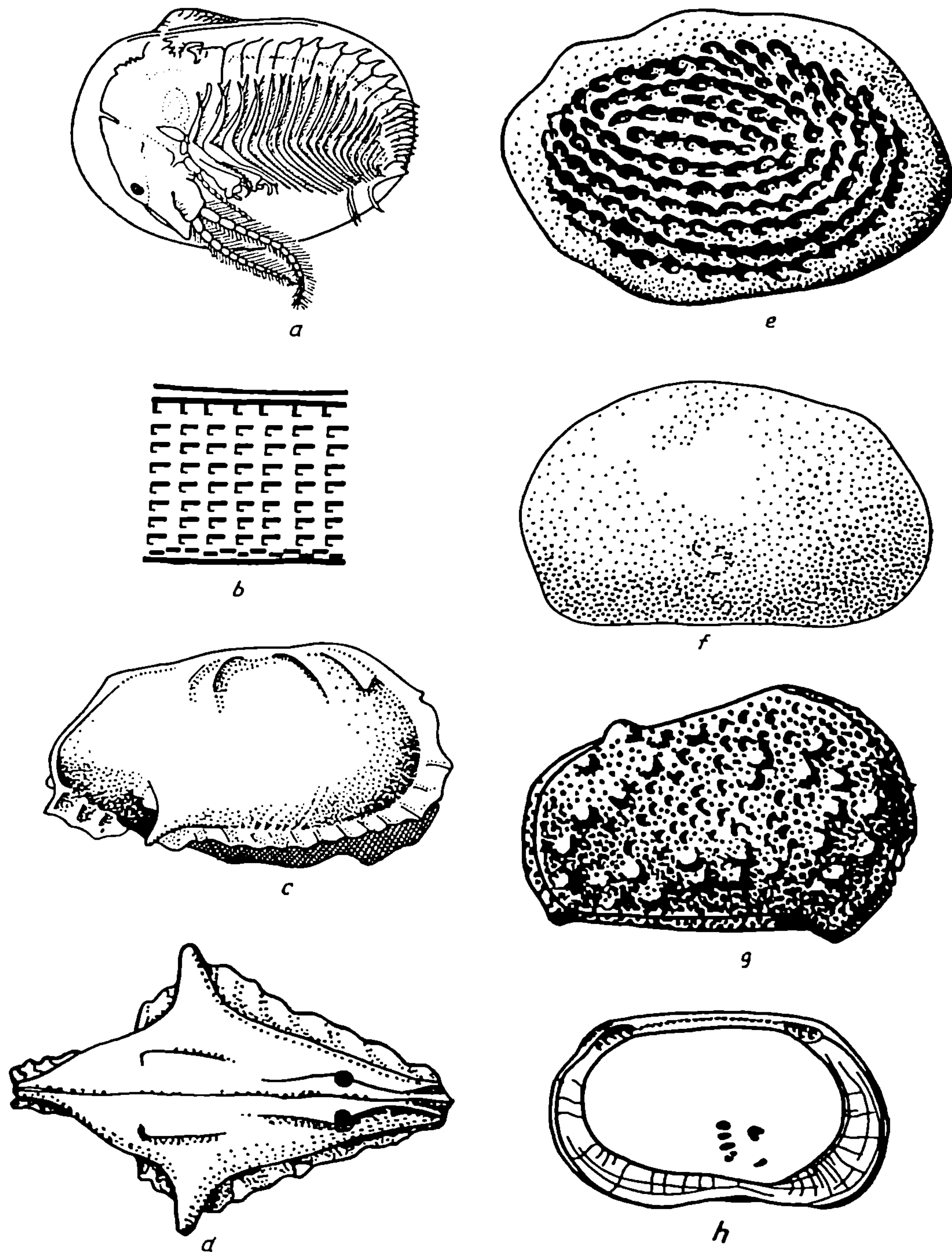
122. ábra. A Trilobitomorpha *főosztály* Merostomoidea *osztályának képviselője a* Cheloniellon (a = *háti-*, b = *hasi nézetben). A* Hemicrustacea *osztályba tartozik a* Marella (c) *és a* Waptia (d) (Kramarenko *nyomán)*

A *Trilobita* osztály után meg kell emlékeznünk a *Merostomoidea* osztály képviselőiről. Ezek sorában érdekes alak a németországi devon rétegekből ismeretes *Cheloniellon* (122. ábra, *a, b)*. Az ún. *Hemicrustacea* osztályban pedig a híres kanadai Burgess-palák két, egymástól nagyon eltérő, érdekes maradványával, a tüskés háromkaréjos ősrákokra emlékeztető *Marella* (122. ábra, *c)* és a „propeller farkú" *Waptia* (122. ábra, *d)* képviselőjével találkozunk.

A következő főosztály a rákfélék csoportja, amelynek első osztályát rákoknak *(Crustacea)* mondjuk.

A nem szakemberek rendszerint el sem tudják gondolni, hogy az állatvilágnak, illetőleg az ízeltlábúaknak milyen elképzelhetetlen változatossága tartozik ebbe a csoportba. Legtöbben a folyami rákra, esetleg még a homárra gondolnak, mint rákra. Pedig ezeken kívül a legkülönbözőbb törzsfejlődési állapotú, a legváltozatosabb életkörülményekhez alkalmazkodott, egymástól erősen elütő megjelenésű alakok sokasága is rokoni kapcsolatban áll ezekkel az alakokkal! A nagyszámú formakör osztályozásában is nagy eltérések vannak. Szovjet tankönyvünk nyomán a rákok osztályán belül több alosztályt kellene megkülönböztetnünk. E helyett azonban — minthogy a fejlődés egymásutánját itt úgyis lehetetlen pontosan nyomról nyomra követnünk — csak néhány jellegzetes és fontosabb típus ismertetésére szorítkozunk.

Ezek sorában megemlítjük az alacsonyrendű rákok közül az *Estheria* (123. ábra, *a, b)* nemzetséget. Ennek neve a nevezéktani szabályoknak megfelelően ma *Isaura* (de *Cyzicus*-nak is mondják). Az apró termetű rák teste jól felismerhetően szelvényezett, s ezt két oldalról a mészsók lerakódásával merevített apró kis teknők védik. A teknők nagyon hasonlítnak picinyke kagylóteknőkhöz, de ha felületüket erősebb



123. ábra. Levéllábú és kagylósrákok — a = *ma élő* Estheria *vázlata (a bal teknő eltávolítva) és* b = a *teknő felülete erősen nagyítva;* c—d = Cythereis *teknője oldalról és páros teknő felülnézetben;* e = Loxoconcha; f = Candona; g = Cypridea *teknője kívülről (mint ábráink mutatják, a teknő külső díszítése igen különböző lehet);* g = Cythere, *bal teknője belülről, az izombenyomatokkal* (Easton *nyomán)*

nagyítással vizsgáljuk, a rácsos szerkezet mindjárt elárulja a különbséget. Az *Estheria* rokonai már a paleozóikumban is ismeretesek voltak s attól kezdve mindmáig nyomon követhetők. Nálunk eddig még nem nagyon sok maradványuk került elő; részletesebben csak a Mecsek-hegység triászrétegéből ismerjük maradványaikat.

Az *Ostracodák*at magyarul kagylósrákoknak nevezzük. Ezeknek lágy testét ugyancsak két teknő védi a külvilág behatásaitól. Természetesen a kitinvázú teknőkbe itt is mészsók rakódtak, s így a kagylós rákok kis (0,5—4—25 mm) teknői is aránylag könnyen fosszilizálódnak. Az *Estheriá*val és rokonaival szemben azonban a teknőkön belüli testen a szelvényezettségnek már szinte egyáltalában nem ismerhető fel a nyoma, mindössze a végtagpárok kialakulása és elrendeződése utal erre. A teknők belső felületének sok részlete van (123. ábra, *h)*, s így ezeknek az ősmaradványok meghatározásában is komoly szerep jut. Persze, nem mindig sikerül kiszabadítani a kőzetanyagból s ilyenkor kutatójuk kénytelen megelégedni a teknő külső oldalának alaktani jellegeivel. A kagylósrákok a földtörténeti ókorban már korán megjelennek s azóta a sós-, csökkentsós és édesvizeket egyaránt meghódították. Tanulmányozásuk hosszú időre nyúlik vissza, s magyar kutatók is, mint *Daday* Jenő (1855—1920), *Méhes* Gyula (1883—1959), és *Zalányi* Béla, legkiválóbb mai magyar kagylósrákkutató, sok esetben szereztek kitűnő munkájukkal nemzetközi elismerést.

A kagylósrákok tanulmányozása újabban nagyon föllendült, s a paleontológia sok odaadó kutatója igyekezett a régmúlt földtörténeti idők ez apró maradványainak az ismeretéhez minél több adattal hozzájárulni. Ennek a nagy érdeklődésnek és kutatási láznak részben a gyakorlati földtani kutatás is ösztönzője. Mint mondottuk, a kagylósrákok általában kistermetű, többnyire néhány milliméteres teknőjű alakok. Ezek a teknők a mélyfúrások anyagában is többnyire épen kerülnek elő, ezért a gyakorlati célú mélyfúrások kiértékelésében e rákcsoportnak igen jelentős szerepe lehet. Hazánkban sok helyen megtaláljuk a pannóniai kornak sokszor igen tekintélyes vastagságú üledéksorát. Ezek a képződmények erősen csökkent sósvízi üledékek s így ősmaradványaik között tengeri élőlények maradványai nem fordulnak elő. A kagylósrákoknak — mint a csökkentsós-, sőt édesvízi képződményekben is megtalálható ősmaradványoknak — így igen fontos szerepe van a hazai kőolaj- és földgáz kutatásban, ahol nagy mélységű fúrásokkal harántolják pannóniai képződményeinket. Idősebb képződményeinkben is megtalálhatók maradványaik; s ezeket már részletesebben tanulmányozták. Vizsgálatuk nagyon sok általános és elvi jelentőségű megállapítást tett lehetővé, s így tanulmányozásuk nagy jelentőségű eredményekre vezetett.

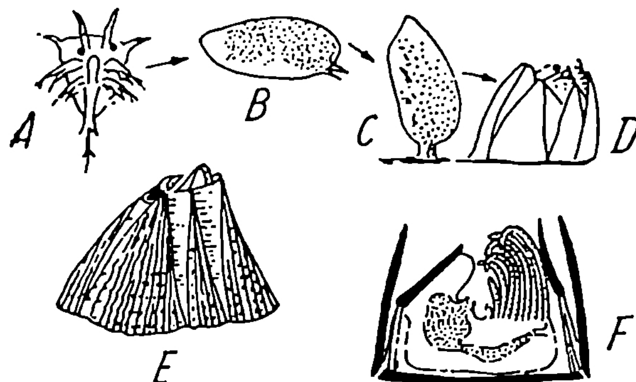
Vitathatatlan, hogy igen elmélyülő munka, messzemenő általános ismeretek szükségesek tanulmányozásukhoz, hiszen az apró teknőkön gyakran alig veszünk észre pontosabban megállapítható különbségeket. Mindezekkel nem tudunk részletesen foglalkozni, ezért csak a nálunk is előforduló néhány nemzetségük egy-két képviselőjét mutatjuk be (123. ábra, *c—h)*.

Van az alacsonyrendű rákok között egy további fosszilisan is előforduló csoport. Ezek a kacslábú rákok *(Cirripedia)*, amelyeknek kitűnő hazai kutatója *Kolosváry* Gábor, a szegedi egyetem állatrendszertani professzora.

A kacslábú rákok nagyon érdekes, messzemenően specializálódott típust képviselnek a rákok között. Helyheznőtt alakok. Aljzatuk lehet szikla, kavicsdarab, de éppen így pl. egy bálna háta vagy egy osztrigateknő. Meg kell említenünk azt az érdekes jelenséget is, hogy a kacslábú rákok között nem ritkák azok az alakok, amelyek aljzatnak mindig ugyanazt a tárgyat választják. Így pl. az egyik faj mindig csak a kék bálna hátán telepszik meg, más bálnafajokra nem megy rá.

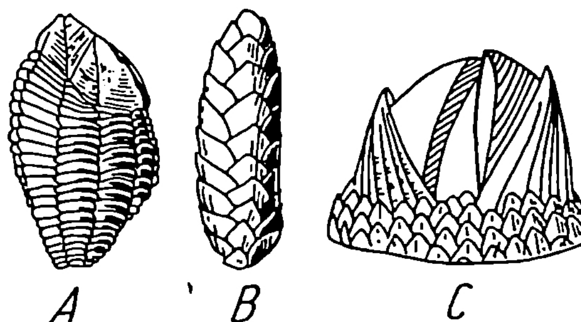
A helyhez nőtt életmód a test felépítésében is messzemenő alaktani változásokat eredményezett. A rögzítést a csáp 3. ízén levő cementmirigy hozza létre váladékával.

A test ilyenkor hasi oldalával fölfelé rögzítődik, nagymértékben visszafejlődik, de a lábak hosszúra nyúlnak, kacsszerűkké formálódnak. A test körül mészlemezekből álló páncél alakul ki, amelynek némely alakkörben nyele is van. A nyeletlenek sorában a tengeri makk *(Balanus)* a leggyakoribb, amelynek fedőlemezei vannak. Ismét más nyeletlen alakok kicsinyben olyan tökéletesen utánozzák a *Rudista* kagylók alakját, hogy volt kutató, aki harmad időszaki *Rudistá*kat vélt bennük felismerni (124. és 125. ábra).



124. ábra. A ma élő Balanus *egyedi fejlődésének egyes stádiumai* (A—D), *váza kívülről* (E), *és az állat vázlata keresztmetszetben* (F) (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

Az alacsonyrendű rákoknak természetesen más csoportjai is vannak még, amelyek részben fosszilisan is ismeretesek. Előbb azt is említettük már, hogy a törzsfejlődés menete nagyon bonyolult és sokágú. Nagy vonásokban azonban mégis jól nyomon követhető a rákok törzsfejlődése részben a végtagok módosulásában, részben a test mellső és hátulsó végének kialakulásában, részben pedig a test szelvényeinek különböző módosulásában és számában, valamint egyéb jellegekben is.



125. ábra. Fosszilis kacslábú rákok — A = Loricella *a krétából;* B = Turrilepas *a szilurból és* C = Brachylepas *a felső krétából.* (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

A felsőbbrendű rákok testszelvényeinek a száma mindig azonos: 21. Ugyanígy azonos ezek eloszlása is az egyes testtájékokon. Egyébként ezek között is nagy a változatosság, sok különféle alakkörük, különböző rendjeik vannak, amelyeket nagyrészt ősmaradványok is képviselnek. Sok érdekes alak is akad közöttük, de mi itt csak egyik rendjükkel foglalkozunk kissé bővebben, a tízlábú rákokkal *(Decapoda)*. Ezek közé tartozik — egyebek között — a mi folyóvizeinkben is ismeretes folyami rák.

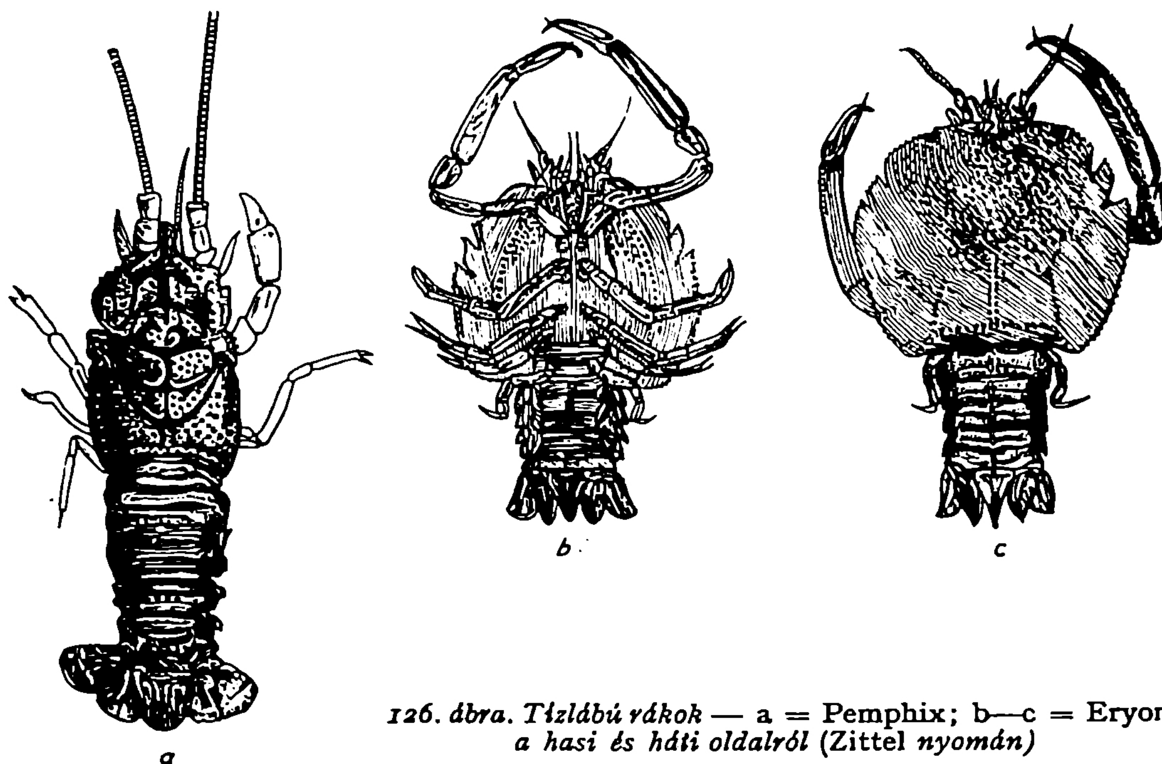
A ma élő tízlábú rákok között a legnagyobb a japán óriás rák: szélessége a kiterjesztett lábak végei között 3,6 m. Ez az alak minden idők leghatalmasabb ízeltlábúja.

Fejük és toruk fejtorrá olvad össze, amelyet a háti oldalon egységes páncél, a *carapax* borít. A felsőbbrendű rákok tudományos neve: *Malacostraca.* Ez a név lágy pajzsút jelentene, ami bizony elég megtévesztő név s csak a vedlés időszakában jellemzi a valóságos állapotot.

A tízlábú rákok ősibb alakjainak potrohán az utolsó szelvények függelékei lemezszerűen kiszélesednek, ún. *uropodit*okká lesznek, amelyek mintegy propellert alkotnak a test végén.

A tízlábú rákok nevüket onnan kapták, hogy a tor 8 szelvényének ízelt függelékei közül 5 pár, azaz 10 db a járóláb. Ezek közül az első gyakran ollóban végződik, a többi pedig karomban. Az utóbbiak már csak „egyágú" lábak. A rákok alacsonyabb törzs-

fejlődési fokon álló alakjain ugyanis „hasadt" lábakat találunk. Ez azt jelenti, hogy a testszelvényből egy sugárban kiinduló ízelt láb két sugárban folytatódik. Ezek a legkülönbözőbb módon változhatnak és alakulnak át. A tízlábúak törzsfejlődési irányzatának egyik jellegzetessége éppen az a tény, hgy a lábak egyre inkább egyágúakká lesznek, a külső ág, az ún. exopodit eltűnik. A másik törzsfejlődési irány pedig a potrohvégi propellernek a visszafejlődése. Megfigyelhető, hogy a potroh mindin-



126. ábra. Tízlábú rákok — a = Pemphix; b—c = Eryon *a hasi és háti oldalról* (Zittel *nyomán)*

kább lefelé és előre hajlik, úgyhogy az ún. rövidfarkú rákok potroha már majdnem egészen hozzásimul a fejtor hasi oldalához.

A tízlábú rákok első képviselői a triászban jelennek meg. Ekkor azonban még elég ritkán fordulnak elő. Éppen ezért érdemel külön figyelmet, hogy hazai felső triász rétegeinkből is előkerült a közelmúltban egy tízlábú rák ősmaradványa. A jurában már fejlettebb alakjaik is megtalálhatók, s alakgazdagságuk is jelentős mértékben megnövekedett. Attól kezdve azután egyre gyakrabban fordulnak elő maradványaik, amelyek alapján sok kutató igyekezett törzsfejlődési, ökológiai és életmódbeli változásaikat kibogozni. Nem feledhetjük el, hogy az alig 50 éves korában elhunyt *Lőrenthey* Imre (1867—1917) a magyar paleontológusok között szintén nemzetközi hírnevet szerzett magának a *Decapoda* rákok tanulmányozásával. *Lőrenthey* a hazai földből előkerült tízlábú rákok sorából számos új alakot is leírt. Ezeket itt nem ismertetjük, mindössze a tízlábú rákok néhány jellegzetes alakjának a képét mutatjuk be (126. ábra).

A rákszerűek a háromkaréjos ősrákszerűekkel abban egyeznek meg, hogy a fej első szelvényének függeléke — tapogató. Egy további közös sajátsága e két főosztálynak, hogy az ide sorolt ízeltlábúak kopoltyúval lélegzenek. Ezek azok a bélyegek, amelyek alapján a két főosztály közeli rokonságát, közös ősből való leszármazását feltételezik. Közvetlen bizonyítékaink erre nézve — sajnos — az ősmaradvány-

anyagban nem találhatók. De az alaktani bélyegek változásainak nyomon követése a pontos, gondos és részletes elemzés alapján — legalábbis nagy vonalakban — valószínűsíti ennek az elgondolásnak a helyességét.

A következő főosztály a csáprágósok *(Chelicerata)*. Ezek onnan nyerték nevüket, hogy a fej első szelvényének függeléke — szemben a háromkaréjos ősrákokéval és a rákokéval — ollószerűen, ún. csáprágóban *(chelicera)* végződik. Eredetileg ezek is kopoltyúval lélegző állatok, a szárazföldi életmódhoz alkalmazkodottak azonban a légcsővel való lélegzésre tértek át. A változatos alakokból álló főosztályon belül több osztályt különböztetünk meg. Ezek között vannak már teljesen kihaltak, azután kihalófélben levő, egészen formaszegénnyé vált és aránylag elég sokféle alakot tartalmazók is. A származástani kapcsolatok itt sem mutathatók ki pontosan, ősmaradványokkal igazolhatóan.

Követett rendszerünkben a *Merostomata* osztály az első. A tudományos név a szájrészek szervezettségére vonatkozik. Olyan csoport ez, amelybe már kihalt és kihalófélben levő formaköröket sorolnak. Ez utóbbiak közé a molukki rák vagy *Limulus* (127. ábra, *a)* tartozik. Egyedi fejlődésének egyes állapotai a *Limulus* idősebb földtörténeti korokból származó őséhez, de háromkaréjos ősrákokhoz is hasonlítanak. Ezen az alapon elindulva valószínűnek látszik, hogy a molukki rákok eredetét valahol a háromkaréjos ősrákok körül kell keresnünk.

Bár ennek az osztálynak a kihalt alakjai között is sok érdekes formával találkozunk, ezekkel itt most nem foglalkozunk részletesebben, hanem megvizsgáljuk a következő osztály képviselőit. Ezeket skorpió alakúak néven említik *(Scorpionomorpha)*. Közöttük az *Eurypteridák* kihalt, a paleozoikumra jellemző csoportja a legérdekesebb. Az érdekesség nem annyira a származástani viszonyokban, mint inkább a földtörténeti ókorban nyomon követhető élethely-változásaikban van.

Az *Eurypteridák* teste két testtájékra osztható; fejtorra *(prosoma)* és potrohra *(opisthosoma)*. A fejtort egységes, mészsókkal merevített kitinpáncél borítja, és 5 pár függeléke van. Az első csáprágóvá alakult ki, az utána következő 3 járólábbá, az utolsó pedig úszólábbá. A potroh néha úszóban, többnyire tüskében végződik. Nagyságuk néha csak 20—25 cm, de vannak közöttük a 3 m-t is meghaladó példányok (127. ábra, *b, c, d)*. Alakjaik az ordoviciumban jelentek meg, majd a permben végleg, utódok nélkül ki is pusztultak.

Az ordoviciumból ismert maradványok mind tengeri üledékekből erednek. Ennek alapján feltételezhető, hogy formakörük kialakulása a tengerhez kapcsolódik. A szilurbeli alakok sorából már több, csökkentsósvízben élt *Eurypterida* maradványa is ismeretes. A devonból már csaknem kizárólag csökkentsós- és édesvízi alakok kerültek elő, míg a karbon és a perm időszaki rétegekből csak édesvíziek. A felső karbonbeli ősmaradványaik nagy része a kőszéntelepes képződmények közeléből származik. Ez a felsorolás világosan igazolja, hogy a földtörténeti ókor folyamán az *Eurypteridák*nak fokozatosan megváltozott a környezetük: a tengeri élettájékot e csökkentsósvízen keresztül végleg felcserélték az édesvízi élettájékkal. Az *Eurypteridák* a lakóhely megváltoztatására kitűnő példát szolgáltatnak.

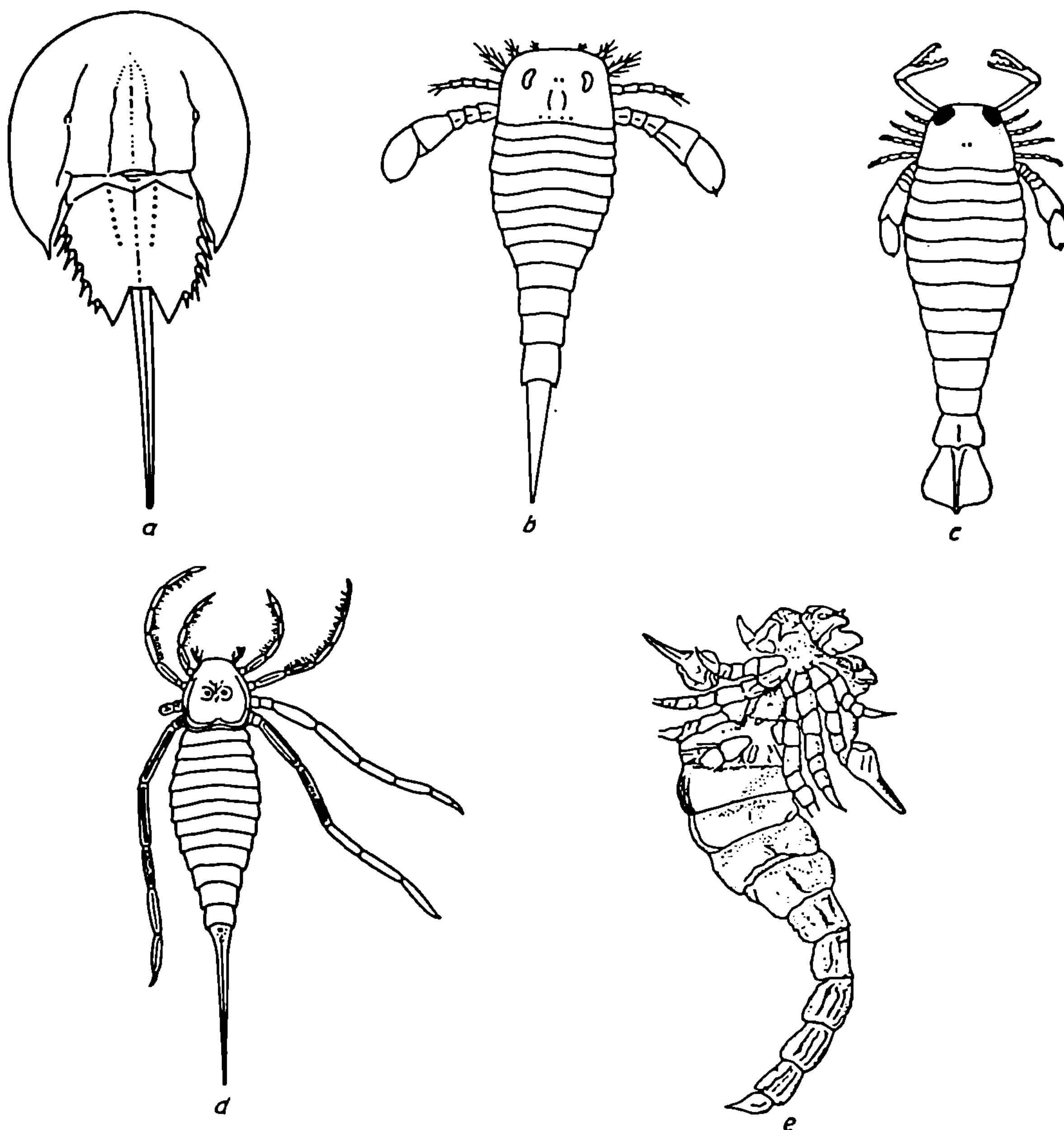
Az *Eurypteridák*kal együtt a skorpiók is természetesen a skorpió alakúak osztályához tartoznak. Ezeknek egyik legősibb képviselője az angliai szilurban talált *Palaeophonus* (127. ábra, *e)*.

A csáprágósok főosztályának további osztályát a pókok *(Arachnida)* alkotják. Mind ezek, mind a többi ide tartozó osztály változatos maradványok alakjában kerül elő már a földtörténeti ókor idősebb szakából is, de tömeges előfordulásukról nem beszélhetünk. A szárazföldi alakokra a légcsövek *(tracheák)* kialakulása jellemző. Látjuk tehát, hogy a tengerfenéken mászó életmódot folytató, legkezdetlegesebb ízeltlábú

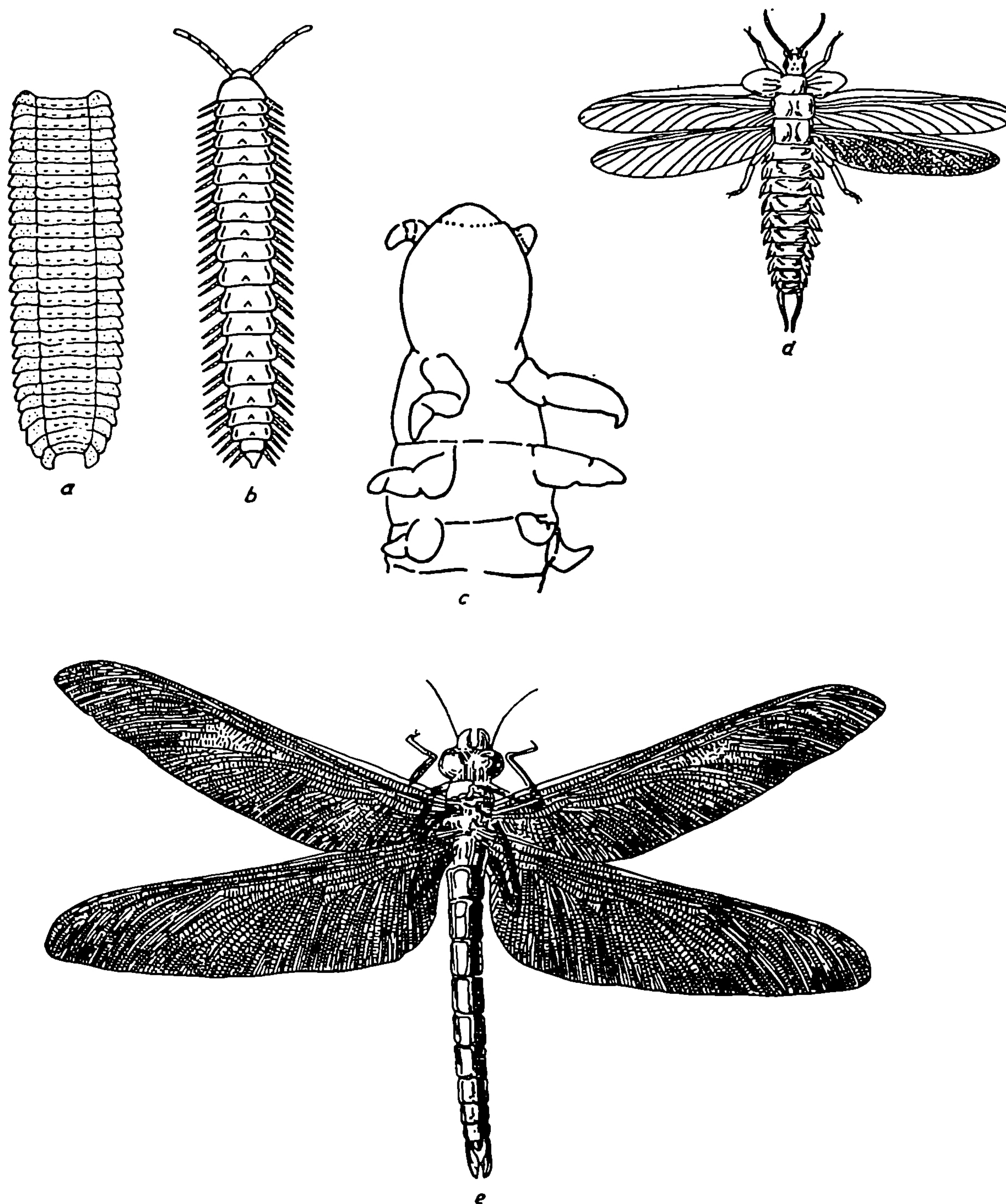
típusok után megjelennek már a szárazföldi alakok is. Megkezdődik az ízeltlábúak térhódítása a szárazföldön.

Külön főosztályt képviselnek a tengerben élő, *Pycnogonida* néven összefoglalt alakok. Erősen specializált, már megjelenésükben is figyelmet keltő alakok. Fosszilisan mindössze két példányukat ismerjük a németországi devon rétegekből. A csáprágósok leszármazottai, de egészen külön, sajátságos törzsfejlődési ágat képviselnek.

Végül az ízeltlábúak utolsó főosztályáról kell még beszélnünk. Ezek a légcsövesek *(Tracheata)*; ilyen a mai ízeltlábúak legnagyobb része. Sok közöttük a levegőben röpködő alak. Életmód szempontjából így a tengerfenéken mászó alakokból kiindulva



127. ábra. A Chelicerata *főosztály néhány képviselője* — a = *a molukki rák* (Limulus) *ma is él, de már a jurától ismeretes;* b = Eurypterus; c = Pterygotus, *és a* d = Stylonusus *a földtörténeti ókorban élt;* e = Palaeophonus *(az ősi skorpiók képviselője)* (Moore—Lalicker —Fischer *és* Rodendorf *nyomán)*



128. ábra. A légcsövesek néhány képviselője — a = Arthropleura *a karbonból;* b = *az ikerszelvényesek közé tartozó alak* Polydesmus; c = *a* Phyniella *a szárnyatlan rovarok devonbeli képviselője;* d = *a* Palaeodictyopter*ák legismertebb alakja a franciaországi felső karbonból leírt* Stenodictya lobata; e = *óriási szitakötő a karbonból a* Meganeura. (Rodendorf, Easton, Beerbower *és* Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

eljutottunk a levegőt is szelő ízeltlábúakig, jelezve a fejlődés sok irányát és hallatlanul változatos lehetőségeit.

A légcsövesek főosztályán belül első osztályként az ikerszelvényeseket emlegetik *(Diplopoda)*. Két-két testszelvényük egybeforrott, s ezt a jelenséget csak az a tény árulja el, hogy minden szelvényen két-két függelékpárt viselnek. Az ősmaradványanyagban aránylag szegényesen képviselt csoport, amely egyébként ma élő alakjait tekintve sem különösebben alakgazdag. Csak azért említjük meg egyáltalában az ikerszelvényeseket, mert újabban ide sorolták a nyugat-európai felső karbonban talált és *Arthropleura* (128. ábra, *a)* néven leírt igen érdekes maradványt is. Egy másik maradványuknak pedig magyar szempontból van érdekessége, mert századunk elején magyar kutató írt le a brassói Fortyogó-hegy barlangjának alsó pleisztocén üledékeiből *Polydesmus coronensis* néven egy fosszilis ikerszelvényest (128. ábra, *b)*.

Sokkal fontosabb a rovarok *(Insecta)* osztálya, amely ma minden ismert állatosztály között a legformagazdagabb a maga sok-sok százezer fajával. Ezek között találjuk a levegőóceán igazi hódítóit. Kezdetlegesebb típusuk ugyan még szárnynélküli (128. ábra, *c)*, a repülésre képesítő szárny azonban csakhamar megjelenik a törzsfejlődés folyamán, majd azután a repülő rovarok végtelen változatosságban terjednek el s népesítik be földünket.

A rovarok osztályát a szárny hiánya vagy jelenléte alapján két alosztályra szokás tagolni. A szárnynélküliek ez idő szerint ismert legrégibb képviselője már a középső devonban élt, míg a szárnyasok csak a karbontól kezdve találhatók. Ekkor azonban már meglehetősen nagy változatosságban jelentkeznek, ami hosszú megelőző törzsfejlődésre utal. Részben már ma élő alakokkal is rokonságot mutató maradványokon kívül, sajátságos, csak a karbonra és permre szorítkozó formák is előkerülnek. Ez utóbbiakat *Palaeodictyoptera* néven foglalják össze. Egyik legismertebb képviselőjük a *Stenodictya lobata* (128. ábra,*c)*. A torszelvények háti oldaláról 3 pár szárny indul ki, amelyek közül a mellső kicsiny. A ma is élő rovarok szárnyai a 2. és 3. torszelvényből indulnak ki. A 2. torszelvényből kiinduló sokszor szárnyfedővé módosul, sőt — pl. a legyeké —, teljesen vissza is fejlődhetik.

A szárny kialakulására vonatkozóan sokféle elmélet van, s meg kell mondanunk, hogy ezek közül még egyik sem ad mindenre kielégítő feleletet. A felső karbonból (128. ábra, *d, e)* Franciaország, Németország és Észak-Amerika területéről egyaránt nagy tömegben kerülnek napvilágra rovarmaradványok. Változatos alakköröket képviselnek már. Így azután a szárny kialakulására vonatkozóan nem sok adattal szolgálnak. Különben is, a rovarok kitinpáncéljában nem rakódnak le mészsók, s így a fosszilizálódásuk feltételei sokkal kedvezőtlenebbek, mint a tengerben élő alakoké, már csak ebből az okból is.

A szárnyak egyedi fejlődésének vizsgálata igazolja, hogy azok a kültakaró kitüremkedéséből jönnek létre. Végeredményben két kitinlemezből állanak, amelyek között az egyedi fejlődés korai állapotában még egy epidermis réteg is van. Ennek eltűnése után a két kitinlemez egymással közvetlenül érintkezik s a két lemez erezete is egységessé válik. Az erezet nagyon jellegzetes rendszertani bélyeg: a törzsfejlődés különböző vonalain igen jellemző módon alakul ki.

A rovarok származásának híres vizsgálója, *Handlirsch* elméletileg állapította meg a legkezdetlegesebb erezet képét, s ezt az elméleti elgondolást egy későbben előkerült lelet igazolta is. *Handlirsch* szerint a rovarok szárnya a háromkaréjos ősrákok pleuráiból, oldallebenyeiből származik; így vízi életmódról közvetlenül repülő életmódra tértek volna át. Szerinte az ősi szárnynélküli formák — éppúgy mint a ma élő szárnyatlan rovarok is — egyaránt másodlagosan alakultak ki szárnyas rovarokból. *Handlirsch* elgondolásának lényege tehát a *Trilobitáktól* való közvetlen származás.

Hansen ezzel szemben a rovarokat a rákszerűekből gondolja leszármaztatni. Elgondolását arra alapozza, hogy a rákszerűek sok alakja szervezettségében — és különösen a szájrészek kialakulásában — bizonyos mértékig emlékeztet a rovarokéra, s így ezek őseit a rákszerűek között kell keresni.

A bécsi egyetem egykori, holland származású híres zoológus professzora, *Versluys* viszont már egészen másképpen látja az ízeltlábúak származástani kapcsolatait. Szerinte a rovarok szárazföldön élt, légcsövekkel ellátott előlégcsövesekből alakultak ki. Ezeknek egynéhány képviselőjével fejezetünk elején megismerkedtünk. *Versluys* elgondolásának további részletei azonban még izgalmasabbak: ugyanebből az ősi formacsoportból származtatja a háromkaréjos ősrákokat és valamennyi rákszerű állatot is. Ez annyit jelent más szóval, hogy a jellegzetesen vízi életmódot folytató alakokat is szárazföldi ősökből származtatja.

Ma annyi látszik valószínűenek, elsősorban a már éppen emlegetett középső devonbeli szárnynélküli rovarleletből, hogy a rovarok kezdetben szárnynélküliek voltak, s a szárny csak később alakult ki, de ugyancsak gyorsan. Hiszen a karbon időszak buja erdőségeiben már a 70 cm-es szárnycsúcstávolságot elérő óriási ősi szitakötők surrantak. A növényvilág fejlődése, s a repülő rovarok kapcsolata eléggé világosnak látszik.

Fejezetünk végén említsük meg még a szászországi Geiseltal lelőhelyét. Az eocénkori barna kőszén sorozatban számos rovarmaradványt is találtak. Vannak közöttük olyanok, amelyek szárnyfedőinek színe is megmaradt. A Geiseltal rovarmaradványainak feldolgozásánál nagy érdemeket szerzett *Pongrácz* Sándor (1888—1945) múzeumi főigazgató is, aki az egyik legkitűnőbb haladó szellemű magyar biológus volt, s Budapest ostromakor lelte túl korai halálát.

Ha most áttekintjük az ízeltlábúak óriási sokaságát, testfelépítésük és életmódjuk igen nagymértékű különbözőségeit, akkor jusson eszünkbe, hogy e fejezetben kifejezésre juttatott bizonytalanságnak világos magyarázata van. Könnyen beláthatjuk, hogy olyan állatcsoport származástani viszonyainak a kibogozása, amelyek fosszilizálódási lehetőségei oly kevéssé kedvezők, mint az ízeltlábúaké, bizony nagyon sok nehézségbe ütközik. S ha valaki e sok nehézség miatt az őslénytan tudományát akarja lebecsülni, és azt állítaná, hogy az őslénytan lehetőségei erősen korlátozottak, akkor annak a figyelmét arra kellene felhívnunk, hogy az őslénytan tudományos művelése csak mintegy két évszázadra tekinthet vissza. A fizika 3 ezer éves múlt után jutott el mai szédületes eredményeihez. Az anyag további gyarapodása, számos jó megtartási állapotú ősmaradvány, néhány szerencsés új eredmény a mai állatok vizsgálatában, új módszerek és szempontok érvényesítése a kutatásban — új lendületet adhat majd az ízeltlábúak kutatásának is. Ezek pedig megint előbbre viszik majd tudásunkat, s biztosabb alapokra helyezik az ízeltlábúak származástanának, törzsfejlődési összefüggéseinek a tisztázását.

A bizonytalanságok emlegetése a nyitott kérdésekre és a kutatás nehézségeire kívánja fölhívni a figyelmet.

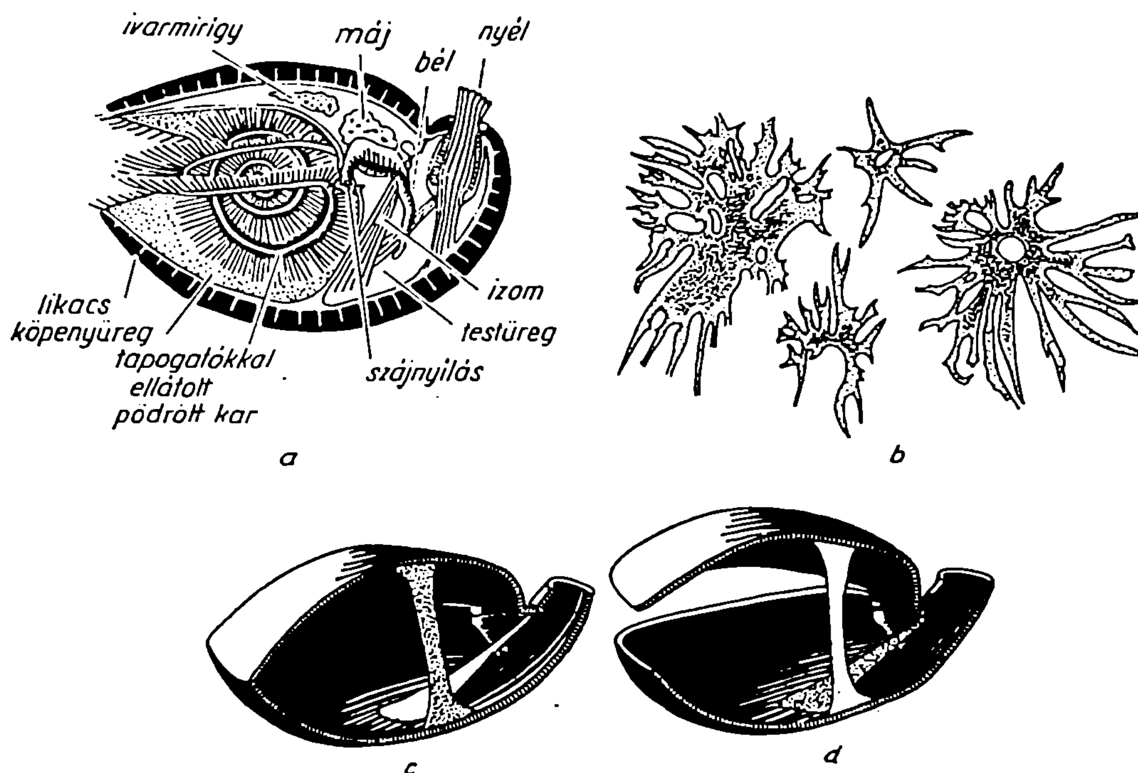
A TAPOGATÓKOSZORÚ ÉS MÓDOSULÁSA

Minden időben vannak „divatos", közkedvelt, a tudósok széles köreit érdeklő kutatási témák. Azok az állatok, amelyeket mi itt a tapogatókoszorúsok (*Tentaculata*) törzsében foglalunk össze, sajnos még sohasem kerültek divatba, legalábbis a ma élő állatokat kutató tudósok körében nem. Az őslettan művelői számára sokkal fontosabbak voltak s így a fosszilis alakok ismerete talán sokkal biztosabbnak mondható, mint a ma élőké. Az ősmaradvány-anyagban a tapogatókoszorúsoknak néhány típusa már igen korán megjelenik. Ezek a korán kifejlődött alakok azonban már mind hosszú törzsfejlődési állapot után jelentkeznek a földkéreg rétegeiben anélkül, hogy a megelőző formákról megfelelő ősmaradvány-anyag állana rendelkezésünkre. Így aztán a törzs képviselőinek kapcsolata a különböző kutatók nem egységes értékelése következtében sokszor egymástól eléggé eltérő. Vannak, akik két különböző törzsbe sorolják azokat az állatokat, amelyeket mi itt tapogatókoszorúsok néven foglalunk össze. Ez okozná még a kisebb zavart. Nehezebb azonban akkor eligazodnunk, ha ezeknek az alakköröknek a rendszertani helyzetét vizsgáljuk a különböző kutatók szemszögéből. Egyesek szerint az ősszájúak nagyon kezdetleges fejlődési fokon álló típusai, mások ismét amolyan középfokú helyet jelölnek ki számukra. Fejlődésükben a lárvaállapot a trochophora lárvához hasonló, de egyes jelenségek az újszájúakra emlékeztetnek. Ezért mi itt ahhoz a harmadik fölfogáshoz csatlakozunk, amely ezeket az állatokat az ősszájúak törzsfejlődési sorozatának a végére helyezi.

Kezdjük szemlélődésünket először is azzal a kérdéssel, miért nevezhetjük ezeket az állatokat tapogatókoszorúsoknak. Először is azért, mert testük mellső részén koszorútartón (*lophophor*) elhelyezkedve számos tapogató (*tentaculum*) található. Ez a tapogatókoszorú egyes alakkörökön világosan felismerhető, míg másokon bizonyos módosulásokon ment át. A koszorútartó ezeknél ugyanis karok alakjában fejlődött ki. Ez a tény okozza, hogy az egész alakkört sok szerző két törzsre osztja. Hozzájárul ehhez azonban még az a sajátosság is, hogy a két csoportba sorolt alakok külső megjelenésükben is erősen eltérnek egymástól. Azok az egyedek, amelyeknek a tapogatókoszorúja jól felismerhető, csaknem mindig telepeket alkotnak, míg azoknál, amelyeknek a tapogatókoszorú tartója karokká módosult, sohasem találkozunk telepalkotással. Az utóbbiak egyes egyedei nagyobbak, sokszor a 30 cm-t is fölülmúlják.

Ez utóbbiak karjai végükön becsavarodnak, s ezért a tapogatókoszorúsoknak ezt az osztályát pörgekarúak (*Brachiopoda*) néven említik. A magyar irodalom egyszer-kétszer kagylósférgek néven is megemlékezik róluk, amely megjelölés a gyűrűsférgektől való származást kívánja szemléltetni. A trochophora lárva alapján ugyanis minden valószínűség amellett szól, hogy a tapogatókoszorúsok (és így a pörgekarúak is) a gyűrűsférgek rokonsági köréből származtak. A „kagylós" szó meg arra vonat-

kozik, hogy a pörgekarúak lágy testét a kagylókéhoz hasonló két teknő védi. A hasonlóság mellett azonban a kagylók és pörgekarúak teknői között igen jelentős eltérések is vannak. Az eltérések nemcsak a teknők anyagában és szerkezetében mutatkoznak, hanem legszembetűnőbben helyzetében is. Láttuk, hogy a kagylók lágy testét a teknők két oldalról, a test szimmetria síkjának megfelelően jobb és bal oldalról védik. A pörgekarúak teknői ezzel szemben a hasi és a háti oldalon helyezkednek el, a kétoldali szimmetriát jelző sík pedig a teknőket felezi. Így tehát a teknők helyzete



129. ábra. A pörgekarúak szervezetének vázlata — a = *a pörgekarú testének hosszmetszete vázlatosan;* b = *hám alatti mésztestecskék;* c—d = *a pörgekarúak izommunkával zárják és nyitják teknőiket. A pontozott izom összehúzódott, a fehér elernyedt állapotban van. A* c *ábrán a záró, a* d *ábrán a nyitó izmok húzódtak össze* (Moore—Lalicker—Fischer *és* A. H. Müller *nyomán)*

egymagában is már jelentős különbséget jelez kagylók és pörgekarúak között. Különbség van abban is, hogy a pörgekarúak teknője a hasi oldalon rendszerint nagyobb, mint a háti oldalon (129. ábra, *a*).

A pörgekarúak egytől egyig tengerben élő állatok s csak igen kevés faj viseli el közülük a tengervíz sótartalmának csekély fokú csökkenését. A pörgekarúak maradványai tehát általában normális sótartalmú tengerben leülepedett üledékekre jellemzők. Hasi teknőjükből a lágy test folytatásaként nyél nyúlik ki. Ennek segítségével az állat rögzíti magát a tengerfenéken, s mozgása csak a nyél hosszával mint sugárral leírt kör területén belül lehetséges. Miután a nyél *(pediculum)* a pörgekarúak legkezdetlegesebb alakjait kivéve, a hasi teknőből lép ki, a hasi teknőt nyeles *(pediculáris)* teknőnek is szokták nevezni. A karokat a legfejlettebb pörgekarúaknál néha meszes kartámasztóváz támasztja meg. A kartámasztóváz a háti teknőből indul ki, ezért a háti teknőt kartámasztós *(brachiális)* teknőnek is mondják.

A teknőkön belül helyezkedik el a lágy test. Ezt a kagylókhoz hasonlóan itt is a

köpeny öleli körül, amely a teknők anyagát kiválasztja, éppen úgy, miként a kagylóknál.

A teknőktől bezárt térnek csak mintegy harmadrészét foglalja el a lágy test, amely előtt a karok helyezkednek el. Ezeken találjuk a finom tapogatókat. A tapogatók mozgása tartja áramlásban a vizet, amely a két teknő között a homloki peremen kerül be a teknők közötti térbe s hozza magával a légzéshez szükséges oxigént s a táplálékul szolgáló apró szervezeteket. A víz áramlása a táplálékot a szájba sodorja, míg a gázcsere a köpenyben és a karokban megy végbe. A karok húsos részeiben, de a köpenyben is, a hám alatti kötőszövetben, gyakran találhatók apró kis mészképletek (129. ábra, *b*). Lapos, sokszor csillag alakú, szabálytalan mésztestecskék ezek, közepükön néha lyuk van. Minden egyes ilyen kis mésztest egy-egy, a bázislappal párhuzamosan lapított kalcitkristálynak felel meg. Fosszilisan eddig nagyon ritkán voltak ismeretesek. Legújabban azonban nagy meglepetést okoztak ezek a lemezkék. A több mint 500 éves greifswaldi egyetem föld- és őslénytani intézetének egyik kutatója a világon eddig egyedülálló érdekes megfigyelést tett. Rügen-sziget világhírű kréta rétegeinek pörgekarúit tanulmányozva *Steinich* hallatlan türelemmel és aprólékos munkával az előkerült pörgekarúak megmaradt mésztestecskéi alapján az egész lágy kart is ki tudta preparálni. Valóban páratlan teljesítmény, és hallatlanul fontos adattal gazdagította ily módon az őslettudományt. Eddig ugyanis legfeljebb csak a szilárd mészvázú kartámasztó vázakat lehetett kimutatni.

A kagylók teknőitől a pörgekarúakéi a nyitás-zárás módjában is különböznek. A kagylók teknőjének a nyitását a pántszalag vagy sarokpánt végzi, míg a zárás aktív izommunkával történik. A pörgekarúak teknőjének nemcsak a zárása, hanem a nyitása is aktív izommunka eredménye. Itt tehát nyitó- és záróizmok vannak (129. ábra, *c*, *d*), de ezeken kívül még olyan izmok is vannak, amelyek a nyél mozgatására szolgálnak. Ebből a szempontból tehát a pörgekarúak sokkal bonyolultabb felépítésűek, mint a kagylók.

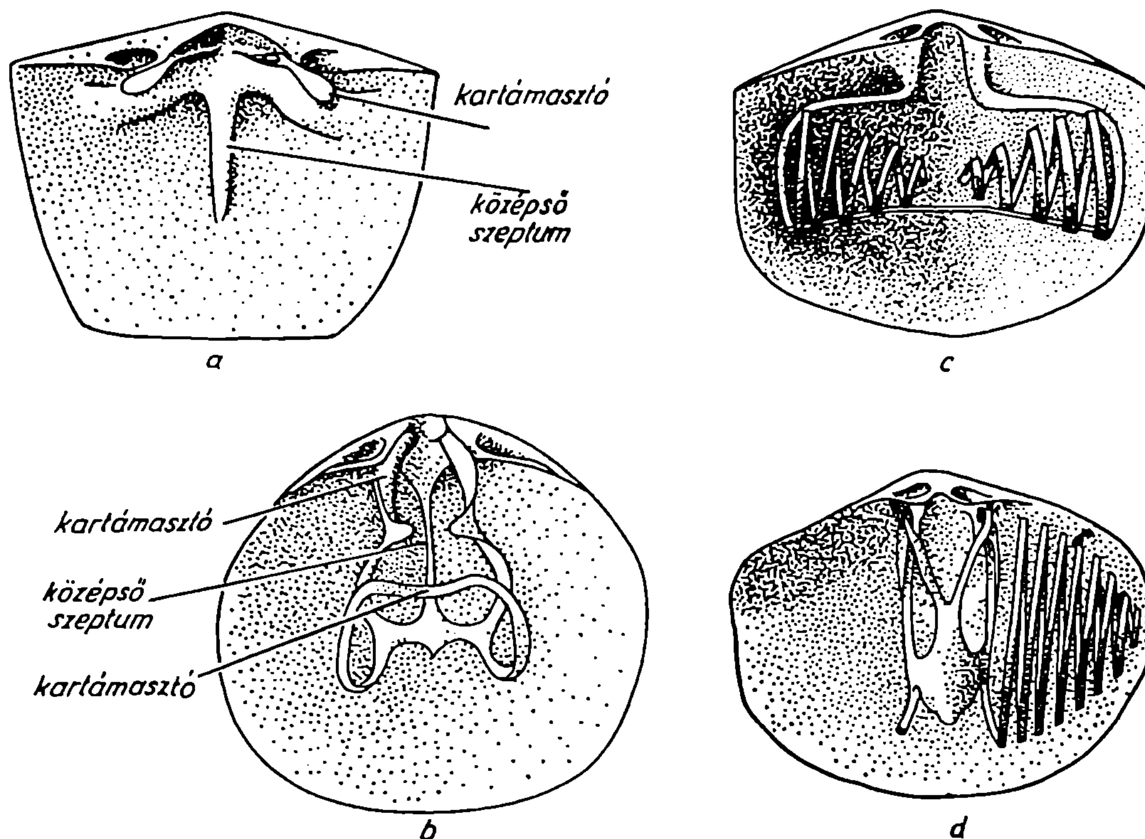
A két állattípus teknői közötti különbség van meg egyébként a teknők kialakulásában is. A kagyló lárván először egy kitines lemez jelenik meg, s ennek két oldalán jönnek létre azután a teknők mészlerakódással. Ezzel szemben a pörgekarúak lárváján egyszerre két teknő alakul ki.

A pörgekarúak teknőjének finom szerkezeti felépítése nagyon változatos képet nyújt. Ennek elsősorban az is oka, hogy a törzsfejlődésileg alacsonyabb fokon állók teknőinek anyaga szarunemű és kalciumfoszfát lemezekből áll, míg a magasabb törzsfejlődésűeké legnagyobbrészt kalciumkarbonátból. Mindkét esetben vékony csatornák járják át a teknőt, amelyek belvilága a szarunemű részekben tágasabb, mint a szervetlen anyagú rétegekben. A csatornák azonban nem érik el a teknő felületét, mert a teknő legkülső részét mindkét esetben aránylag vastag, szarunemű szerves anyagból álló réteg borítja, éppen úgy, mint a kagylóknál. Ezt a réteget a vékony csövecskék már nem törik át.

A teknők külső felületén csaknem mindig felismerhetők a növekedési vonalak, amelyek a teknő peremével párhuzamosan haladnak. Egyes alakokon sugárszerűen kiinduló bordás díszítést figyelhetünk meg. Előfordul az az eset is, hogy az egyik — rendszerint a háti — teknő közepén kiemelkedés halad végig a teknő búbi részétől a mellső pereméig. Ennek megfelelően a másik teknőn bemélyedés, öböl található. Ez is olyan jelleg, amilyennel kagylóknál nem találkozunk.

Fontos alaktani, rendszertani és származástani jelleg a nyél kilépésére szolgáló nyílás is. A törzsfejlődés legkezdetibb szakában a nyél a háti és hasi teknő között lép ki, de a nyílás rövidesen teljesen a hasi teknőbe tolódik át s különböző módosulások jellemzik. A nyílás módosulásai a tudományos kutatásban igen nagy jelentőségűek.

A fejletlenebb pörgekarúak teknőinek zárása csak az izmokkal történik, de az előrehaladottabb törzsfejlődési állapotúak hasi teknőjének búb alatti záros peremén kétoldalt 1—1 fog alakul ki, amelynek a háti teknőben 1—1 bemélyedés, fogmeder felel meg. A fogak, illetőleg ezek hiánya alapján a pörgekarúak osztályát két — zárnélküliek *(Inarticulata)* és zároshéjúak *(Articulata)* — alosztályra szokták osz-

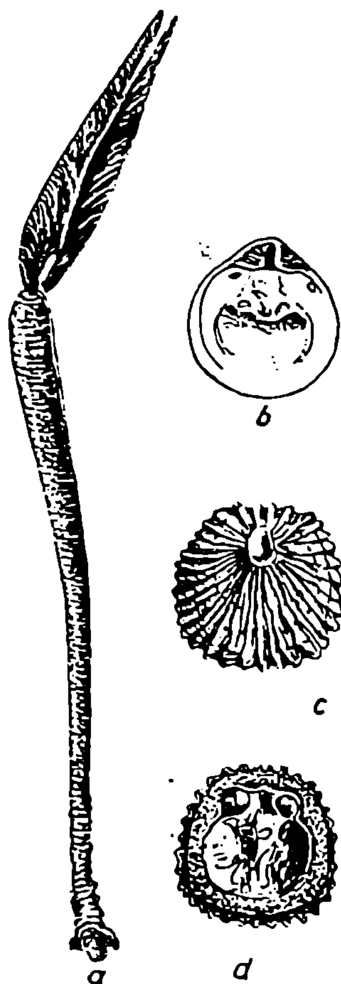


130. ábra. Kartámasztóváz-típusok — a = *a legegyszerűbb kartámasztóváz az ancistropegmat típus, amely két rövid nyúlványból áll;* b = *az ancylopegmat típus a ma is élő* Terbratulá*ra jellemző;* c—d = *a kúpfelületre csavart helicopegmat típusú kartámasztóváz a teknőben igen változatos helyzetű lehet* (Beerbower *nyomán)*

tani. Az újabb vizsgálatok szerint a két alosztály fejlődése nagyon korán szétvált, még jóval a kambrium előtt, s azóta külön vonalakon halad.

Így a törzsfejlődés egyik legfontosabb tényének a paleontológusok a zár megjelenését tekintik. További lényeges sajátság a nyél kilépésére szolgáló nyílás kialakulása, valamint a teknők anyaga. Ez utóbbival kapcsolatban igen jól felismerhető bélyegeket szolgáltatnak a csatornácskák felszíni megjelenési formái is. A legmagasabb törzsfejlődési állapotot pedig a kartámasztóváz megjelenése jelzi. A kartámasztóváz kialakulása is többféle lehet. Kezdetben csak egyszerű, aránylag rövid kampó, később ehhez a kampóhoz mészlemez járul, amely vagy kúpfelületen csavarodik fel vagy pedig szalagszerűen (130. ábra).

Ma azt hisszük, hogy a zárnélküli típusok alacsonyabb törzsfejlődési állapotát a szarunemű, kalciumfoszfáttal váltakozó teknőanyag is igazolja, — noha előfordul később ezeknél is kalciumkarbonátból épült teknő. A törzsfejlődés első szakaszában a zárnélkülieknél a nyél a két teknő között lép ki; a teknők anyaga szarunemű. Ilyen



131. ábra. A legősibb pörgekarúak egyike, a ma is élő Lingula (a); b = *ó-paleozói a kerekded körvonalú* Obolus; c—d = *a* Crania *teknőjének — dús fantáziával — koponyához való hasonlóságától nyerte nevét* (A. H. Müller *és* Easton *nyomán)*

alak a megnyúlt, elliptikus *Lingula*, amelynek első képviselői a kambriumból, sőt egyes kutatók szerint már az algonkiumból ismeretesek (131. ábra *a*). Igaz, hogy ezeket az ősi alakokat némely szerző *Lingulella* néven különíti el a ma is élő nemzetségtől, de a legtöbb kutató szerint nem sok jogosultsága van ennek az eljárásnak. A *Lingula* nyele hosszú. Ennek segítségével lyukat ás a tengerfenék iszapjába. A lyuk alján rögzíti magát a nyéllel, a teknők meg fölfelé állnak. Itt aztán igazán nem mondhatjuk, hogy a hasi teknő alul, a háti teknő pedig fölül van. Ha hosszú földtörténeti időkön keresztül élt, vagyis persistens formákra akarunk példát mondani, elsőként rendszerint a *Lingula* jut eszünkbe. Nem is igen van más nemzetség, amely a kambriumtól mindmáig kitartott volna.

Ugyancsak a primitív pörgekarúak közé kell sorolnunk a kambrium-ordoviciumból ismert *Obolus*t is (131. ábra *b*). Teknői nem egészen egyforma nagyok; kerek, pénzre emlékeztető alakúak. A rómaiak nevezték egyik váltópénzüket *obolus*nak, s innen e nemzetség neve. Az észak-európai homokkövekben, a felső kambriumban az *Obolus apollinis* nevű faj olyan tömegesen található, hogy obolusos homokkövekről is szokás beszélni. Miután ez alakok teknőjét a szaruszerű anyag kalciumfoszfáttal váltakozva alkotja, az obolusos homokköveknek igen nagy a foszfáttartalma.

A zárnélküli formák további fejlődéseként a nyél kilépésére szolgáló nyílás már egészen a hasi, vagyis a nyeles teknőbe tolódik át. Ezek között is a szarunemű anyagból álló teknők a gyakoribbak, de találkozunk olyanokkal is, amelyeknek felépítésében már a kalciumkarbonát is jelentős szerepet játszik. A meszes teknős alakok között a *Crania* (131. ábra *c*, *d*) sok érdekességet mutat. Hosszú életű nemzetség. Első alakjai az ordovicium közepén jelennek meg, mindjárt nagy alakváltozatosságban. Később a nemzetség nagyon elszegényedik, de a krétában második virágkora következik be. Nyele csak az egészen fiatal egyedeknek van. Később a hasi teknő szilárd aljzatra cementálódik. Képviselői ma is élnek.

A pörgekarúak másik alosztályába a magasabb törzsfejlődési állapotot jelentő zárosteknőjűek *(Articulata)* tartoznak. A magasabb törzsfejlődési fokot részben a fogak kialakulása, részben a teknők túlnyomóan kalciumkarbonát anyaga jelenti.

Miután már a pörgekarúak törzsfejlődésének hosszabb szakasza után jelentek meg, természetes, hogy valamennyinek a hasi teknőjében találják a nyél kilépésére szolgáló nyílást. A ma is élő alakokon, amelyeknek lágy szerveit is tanulmányozhatják, azt állapították meg, hogy bélcsatornájuk a test belsejében vakon végződik. Valószínű, hogy a földtörténeti múltban is ez volt ezen a törzsfejlődési fokon a helyzet.

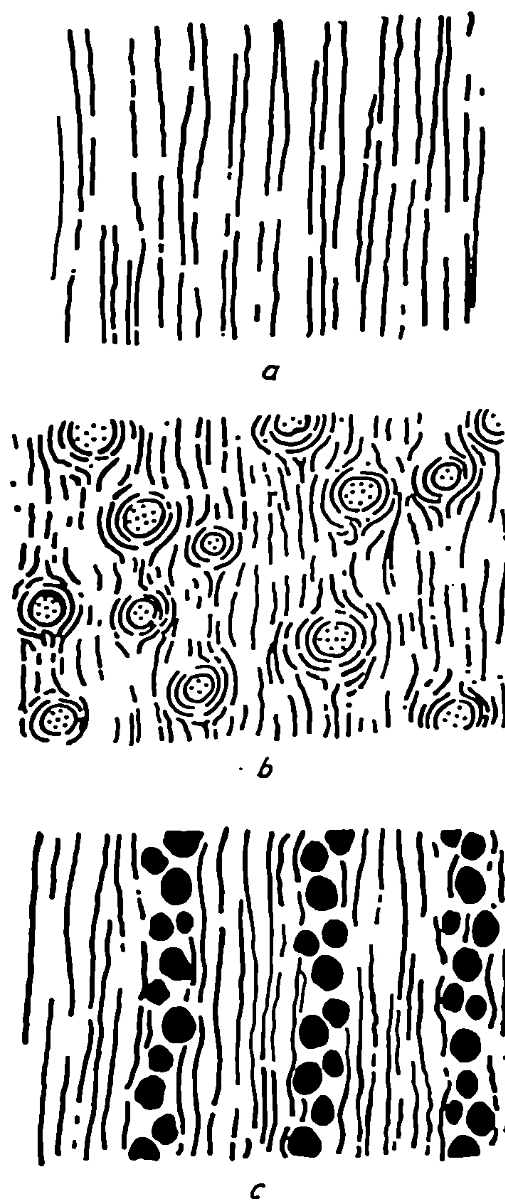
A zároshéjú pörgekarúak már szintén az alsó kambriumtól ismeretesek, s ma is élnek. Legnagyobb változatosságban a devonból kerülnek elő, de alakgazdagságuk még ezután is tovább tart a perm elejéig. Ekkor kezdik a kagylók a tengeri életkö-

zösségekben mintegy átvenni a pörgekarúak szerepét. De azért a pörgekarúak még az egész földtörténeti középkorban is fontos elemei a tengerek élővilágának, sok közöttük az aránylag rövid életű faj, s ezek mint vezérlő ősmaradványok a földtörténeti kormegállapításban is fontosak. A zároshéjúak megfogyatkozásának a földtörténeti ókor vége előtti beköszöntése még nem jelenti ennek a csoportnak a teljes kipusztulását. Először a jurában, majd a felső krétában és végül a fiatalabb harmad időszakban újra elszaporodnak, nagyobb a formagazdagságuk, bár ez már nem hasonlítható öszsze teljes mértékben a földtörténeti ókorból ismert nagy virágzásukkal.

A zároshéjú pörgekarúak legelső képviselőin hosszú, egyenes zárosperem található ugyan, a fogak azonban még inkább csak kezdemények alakjában vannak meg, nagyon tökéletlenül fejlettek. Mindössze néhány képviselőjük van, amelyek az alsó és középső kambriumra szorítkoznak.

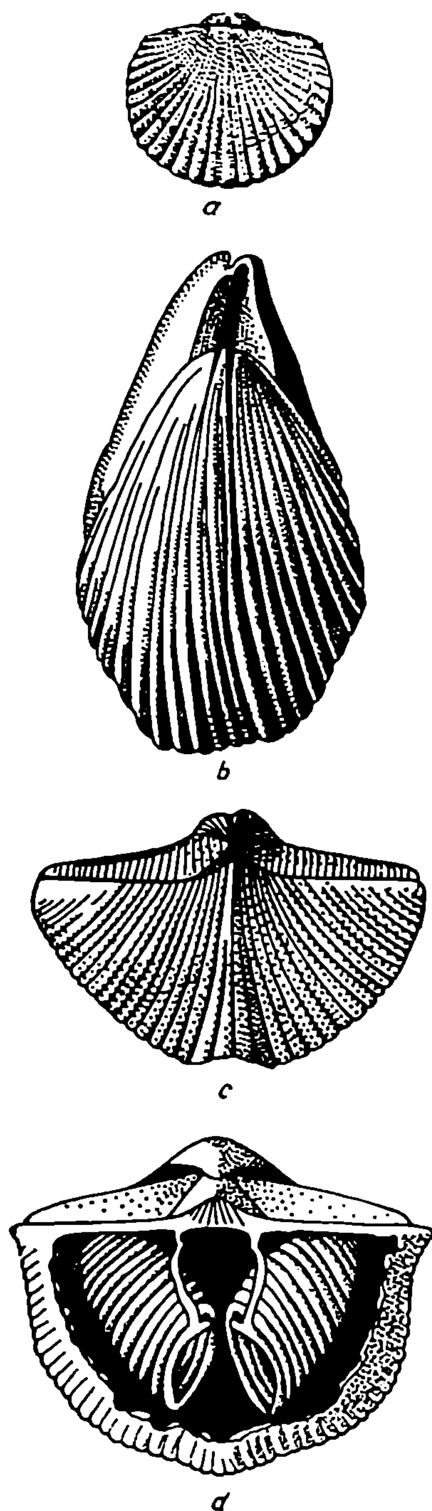
A további, már jól fejlett fogakkal rendelkező alakok fejlődési stádiumait a teknő szerkezete alapján szokták rögzíteni. Így ismét vissza kell térnünk a teknők felépítésének egy részletére. Már említettük, hogy a teknőket csatornácskák járják át, s ezek alapján követjük a törzsfejlődési változásokat. A meszes teknőkben 3 különféle típust különböztethetünk meg, amelyekről a 132. ábra ad fölvilágosítást. A pontozatlan *(impunctata)* teknők a kambriumtól, az álpontozottak *(pseudopunctata)* az alsó ordoviciumtól, s a pontozottak a középső ordovicium legelejétől ismeretesek. Azt persze ma még nem tudjuk pontosan megállapítani, hogy melyek voltak azok a tényezők, amelyek ezeket a különböző szerkezeti formákat kialakították. Egyelőre még csak rögzíteni tudjuk a fejlődésnek ezeket az egymás után következő megjelenési alakjait — anélkül, hogy megnyugtató magyarázatot tudnánk adni a *miért* kérdésre. Sajnos, ismételten hangsúlyoznunk kell, hogy a pörgekarúak, de általában a tapogatókoszorúsok tanulmányozásában a ma élő alakok eddig még nagyon kevés figyelmet vontak magukra. A ma élő alakok — akárhogyan nézzük is — hiányos vizsgálata természetesen nagyban nehezíti a földtörténeti múlt változásainak a megmagyarázását is.

Azok között a pörgekarúak között, amelyeknek még pontozatlan teknője, de már jól fejlett fogai vannak (az *Orthis*-féléknek, 133. ábra, *a*), különösen fontos szerep jut. Első alakjai az alsó kambriumból kerültek elő, formagazdagságukat a középső devonban érik el, s a permben kipusztulnak. Fontosságukat azért kell hangsúlyoznunk, mert a pörgekarúak



132. ábra. A pörgekarúak teknőszerkezete felülnézeti csiszolatban — a = *pontozatlan,* b = *álpontozott,* c = *pontozott teknőszerkezet* (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

kutatói szerint a zároshéjúak legnagyobb része ezekből származtatható le, s csak egy-két formakörüket lehet azokra az alakokra visszavezetni, amelyeknek a fogai még csak igen kezdetlegesek. Az *Orthis*-félék általában nem nagy termetűek, alakjuk kereszt irányban megnyúlt, négyszögletes; hosszú, egyenes zárosperemük van. A teknő felületét rendesen finom bordák díszítik, amelyek a búbtól sugárirányban indulnak ki. A fejlődés egy további lépését jelenti a hasi teknő belső oldalának búbi részén kialakult izomtapadási hely, amelyet *spondyliumnak* neveznek. Ezt különösen olyan alakokon figyelhetjük meg, melyeknek mindkét teknője erősen domború. Ilyenek az *Orthis*-félékből leszármaztatható *Pentamerus*-félék. Egyik legismertebb alakjuk a *Pentamerus (Conchidium) knighti* nevű faj, amely a felső szilur egyik szintjelző pörgekarúja (133. ábra, *b*).

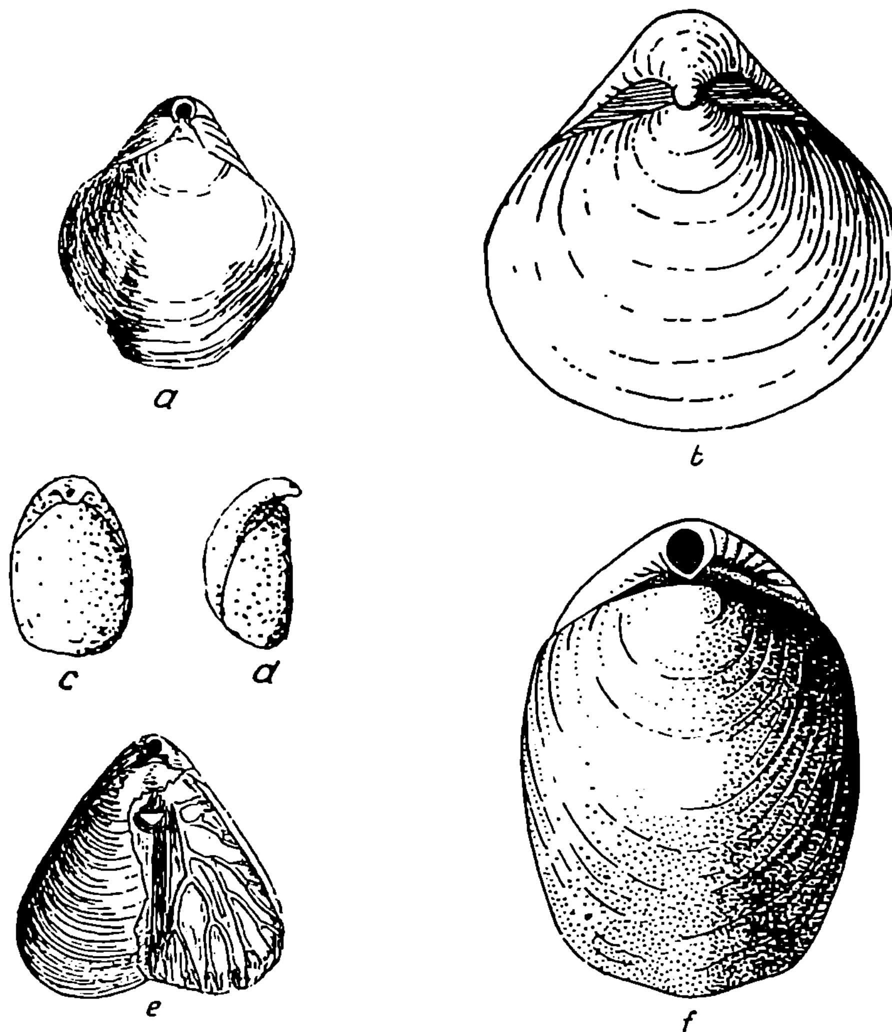


133. ábra. A zároshéjú pörgekarúak néhány képviselője — a = Orthis; b = Pentamerus *vagy* Conchidium; c = Spirifer; d = Spirifer, *belsejében a kartámasztóvázzal.* (Easton *nyomán)*

Ugyancsak az *Orthis*-félékből származtatják a pontozatlan teknőjű, de már kartámasztó-vázas *Spirifer*-féléket. Kartámasztó-vázuk *helicopegmat*-típusú, zárosperemük hosszú és egyenes, körvonaluk nagyjából háromszög alakú. A középső szilurban jelentek meg, s csak a liászban pusztultak ki. Maga a *Spirifer* nemzetség jóval rövidebb ideig élt: a devontól a permig. A *Spirifer* nemzetség (133. ábra, *c* és *d*) — különösen a karbonban — szintjelző fajokról is nevezetes. Belőlük indult ki a szilur végén a *Terebratula*-félék csoportja.Ezeknek ancylopegmat típusú kartámasztó-váza van; teknőjük pontozott. Nagyon formagazdag csoport, amelynek ma is számos képviselője él. Sok alakjuk szintjelző, néha igen tömegesen fordulnak elő. Más kutatók véleménye szerint nem a helicopegmat típusú kartámasztó-váz átalakulásából jött létre ez a csoport, hanem az *Orthis*-féléknek egy másik leszármazási ágából, a punctata teknővel jellemzett és kartámasztó-váz nélküli *Dalmanella*-félékből. Megítélésünk szerint is ez utóbbi felfogás látszik valószínűbbnek, mert nehezen képzelhető el a helicopegmat típusú kartámasztó-váznak ancylopegmáttá való redukálása. Sokkal valószínűbb, hogy kartámasztó-váz nélküli pörgekarúak szerezték meg idővel az ancylopegmat típusú kartámasztó-vázat. A *Terebratula*-félék között (134. ábra) nagyság szempontjából is nagy különbségek mutatkoznak.

Nagyon érdekesek alaktani szempontból a *Terebratula*-félék sorában a *Pygope* nemzetség alakjai. Ezeknek mellső peremén a növekedés során jelentős változás következik be: e perem középső részének a növekedése megszűnik. Ennek a következtében a teknő a továbbiakban két részre, mintegy két

szárnyra osztottan növekedik tovább. Egy további mozzanatként a fejlődés folyamán a két szárny annyira megnövekedik, hogy egymással összeérve egy nyílást zár körül. A nyílás egyre szűkül, de azért mindvégig megmarad. Az egész folyamat annál is inkább izgalmas, mert határozott alaktani jellegek megtartásával történik, s így nem lehet szó kóros képződésről. Már csak azért sem, mert a *Pygope* nemzetség képviselői



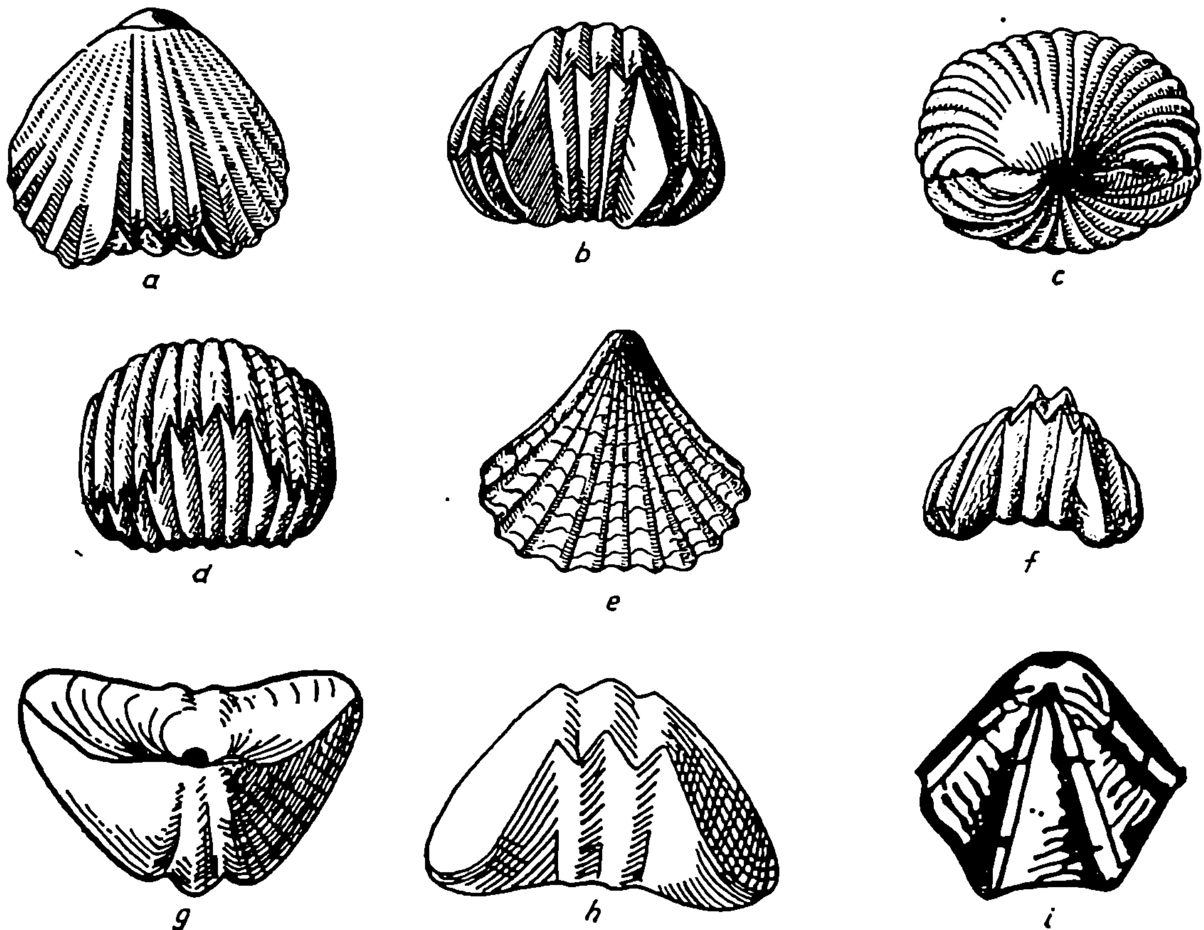
134. ábra. Néhány jellegzetes Terebratula*-féle* — a = Coenothyris vulgaris, *a triász egyik legközönségesebb ősmaradványa;* b = *a* Stringocephalus *a devonra jellemző;* c—d = *a* Dielasma *a háti teknő felől és oldalról (ez az alak a karbonban élt);* e = Pygope, *a sajátságos teknő alakkal;* f = *nagytermetű az eocénbeli* Oleneothyris (Easton *és* A. H. Müller *nyomán)*

— több alaktanilag jól meghatározható fajjal — az egész júrán át, sőt az alsó krétában is élnek. Márpedig kóros jelenség esetén nem valószínű, hogy a földtörténeti múlt hosszú évmillióin keresztül megmaradtak volna.

Az *Orthis*-félékből kiinduló fejlődési ágaknak még egy hajtásáról kell megemlékeznünk. Ezek a *Rhynchonella*-félék, amelyeknek jellemzője a primitív, ancistropegmat típusú kartámasztó-váz, a nagyrészt pontozatlan, de sok alakon pontozott teknők. Ezek kialakulása a középső ordoviciumra esik, de máig is élnek, azonban virágkoruk a földtörténeti középkorban volt. Ekkor sok fajuk pontos időjelzőként is szerepel. Általában kisebb termetűek. A teknők felületét rendszerint jól fejlett, a búbtól

sugárirányban kiinduló bordák födik (135. ábra). Mindezeken az alakokon a mellső zárosperem tökéletes záródása figyelhető meg.

A pörgekarúak nagyon változatos ősmaradvány-sokaságában még egy érdekes és alakgazdag csoporttal kell megismerkednünk. Ezek a *Productus*-félék. Típusukat azokra a legkezdetlegesebb zároshéjú pörgekarúakra vezetik vissza, amelyeknek fogképlete

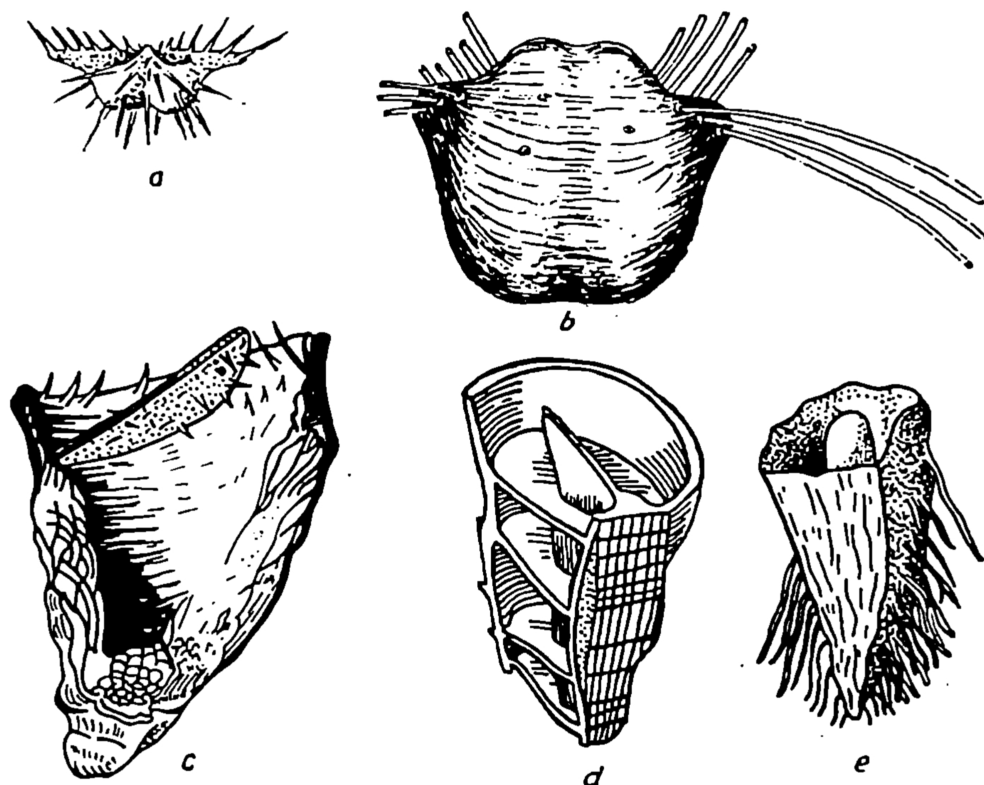


135. ábra. A Rhynchonella-*félék néhány képviselője* — a—b = Lepidocyclus *a háti teknő felől és oldalnézetben (az észak-amerikai ordovicium-rétegek elterjedt alakja)*; c—d = Camarotoechia *a búb* (c) *és a homloki perem* (d) *felől;* e—f = Rhynchotreta *a háti teknő és a homloki perem felől nézve,* g—h = Leiorhynchus *a búb és a homloki perem felől;* i = Rhynchonella decurtata, *a triász egyik fontos szintjelző* Brachiopodája (Easton *és* Telegdi—Roth *nyomán)*

csak igen kezdetleges módon alakult ki. A nézetek azonban itt sem egységesek, mert más kutatók ezt a csoportot is az *Orthis*-félékből származtatják. Mindenesetre jellemző ezekre a pontozott teknőszerkezet, valamint az a tény, hogy zárosperemük hosszú, egyenes. Közéjük tartoznak a pörgekarúak óriásai is, — a legnagyobb *Productus* szélessége a 30 cm-t is meghaladja. Kiterjedtebb rokonságuk ugyan ma is él, de maga a *Productacea* alrend csak a felső ordoviciumtól a permig élt. Fő elterjedése a karbonra és a permre esik, amikor sok vezérlő ősmaradványt is szolgáltatott. Hasi teknője rendszerint erősebben domború, a háti pedig legtöbbször lapos, vagy legalábbis jóval kevésbé domború. A hasi teknőn néha tüskék is megjelennek mint díszítő elemek. Ezek

nyilván hajlékonyak voltak, mert az ősmaradvány-anyagban olyan alakok is vannak, amelyeknek tüskéi tengeri liliomok nyelére fölcsavarodva találhatók. (136. ábra, *a* és *b*).

Olyan fossziliák is ismeretesek, amelyeken a nyél kilépésére szolgáló nyílást mészlemezek teljesen elzárták. Ezek tehát nyelükről leválva, szabadon hevertek a tengerfenék iszapján. Sőt az is valószínű, hogy a tüskéken — mint valami gólyalábakon — még helyüket is változtathatták. További érdekességük, hogy ezekből az alakokból maradt meg néha a teknők belső felületén a karok alakja lenyomatként. (A rügeni



136. ábra. A Productus*ok sorába tartozik az egyik legkiválóbb lengyel paleontológusró elnevezett Kozlowskia* (a); *a* Productus horridus (b) *felületéről hosszú tüskék indultak ki; a úgynevezett mellék-alakok sorából a* Richthofenia (c) *és a* Scacchinella (d—e) *érdemel említés (az utóbbit a* d *ábrán átmetszve látjuk)* (Easton *és* Telegdi—Roth *nyomán)*

felső kréta pörgekarúival kapcsolatban föntebb már említettük, hogy sikerült a karokat a kitöltő üledékanyagból kipreparálni. Nos, ezt az egyedülálló műveletet a természet lenyomatok megőrzésével pótolta). Egyébként lenyomatok alakjában néha a *Brachiopodák* vérédényének és egyéb lágyrészének a lenyomata is megmaradhat.

A *Productus*-félék rokonsági körébe nagyon érdekes ún. mellékalakok is tartoznak. Ilyenek kialakulását és szerepét már az *Ammonites*ek tárgyalásával kapcsolatban is megemlítettük. A *Productus*-féléknél is azt látjuk, hogy rokonsági körükben ennek a törzsfejlődési ágnak a kipusztulása előtt jellegzetes mellékalakok jelennek meg. Ezek egyik csoportjának a háti teknője nem alkot összefüggő darabot, hanem kétoldalt beöblösödések figyelhetők meg rajta. Ilyen az *Oldhamina*, amelynek közeli rokona, a *Lyttonia* — hazai perm időszaki képződményeinkből ismeretes. Maradványait *Schréter* Zoltán találta meg a Bükk-hegységben, s ezzel sikerült tengeri perm-üledékek jelenlétét itt kimutatni. Megállapításai nagy jelentőségűek voltak az egész magyar

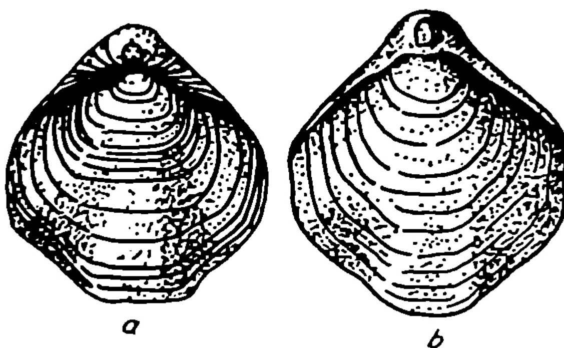
föld fejlődéstörténetének megismerése szempontjából. A régebbi felfogás szerint ugyanis a perm folyamán az egész ország területe szárazulatként emelkedett ki a tengerből. Ezzel szemben *Schréter* Zoltán eredményei azt igazolják, hogy a Bükkhegység területén tenger hullámzott.

A mellékalakok egy másik érdekes csoportját azután a *Richthofenia* (136. ábra, *c)* és a *Prorichthofenia* alkotja. Ezek a permben csaknem világszerte elterjedtek. A hasi teknőjük elveszti nyelét, kúp alakúvá válik, és a kúp csúcsánál fogva rögzül a szilárd aljzathoz. A kúp alakú hasi teknő belsejében a búb közelében olyan hólyagos mészlemezeket választ le, mint amilyeneket néha a koralloknál is látunk. A háti teknő fedőként szerepel, de korántsem a kúp alapjánál, hanem annál jóval mélyebben, s fölötte még sugaras elrendeződésben rövid tüskéket is látunk.

A *Productus*-félék közeli rokonságában is találunk ehhez hasonló mellékalakokat. Ez a *Scacchinella* (136. ábra, *d, e)*, mely szintén permbeli alak. Hasi teknője ennek is kúp alakú, és tüskékkel rögzíti magát a tengerfenékre, de belsejében a fenéklemezes korallokéhoz hasonló lemezek sorakoznak. Ezeknek nyilván a lágy test felemelése volt a feladata, mintha az állat ezáltal az üledékképződéssel „akart" volna lépést tartani.

Minthogy a *Prorichthofenia, Richthofenia* és *Scacchinella* külső megjelenésében a korallokhoz is, *Rudista* kagylókhoz is, de akár némely kacslábú rákhoz (pl. *Pyrgoma)* is hasonlít, így a gerinctelen állatok sorában a konvergencia talán legszebb példáját szolgáltatják. A konvergencia esetében rokonságilag egymástól távol álló alakok öltenek azonos életmód és azonos környezeti hatások mellett hasonló alakot.

Előfordul azonban külső hasonlóság egymáshoz közel álló, mondjuk, ugyanazon osztályon belüli alakokon is. Ilyenkor hasonló alakúságról, *homoeomorphiá*ról beszélünk. A *Brachiopodák* sorában erre vonatkozóan is sok példával találkozunk. A hasonlóság mind alakban és körvonalban, mind pedig a külső díszítésben annyira messzemenő lehet, hogy valóban csak aprólékos és pontos kutatás, a teknő finom szerkezetének alapos megvizsgálása vagy a kartámasztó-váz kimutatása döntheti el két alak azonosságát vagy különbözőségét. Hasonló alakúság előfordulhat korban egymáshoz közelálló fajokon, de időben egymástól igen távol eső alakokon is. Ha a két hasonló faj egykorú, vagy legalábbis majdnem egykorú, akkor egyidejű hasonló alakúságról *(isochron homoeomorphiá*ról) beszélünk. Abban az esetben pedig, ha a két egymáshoz külsőleg hasonló faj időben eltér egymástól, különböző idejű hasonló alakúságról *(heterochron homoeomorphiá*ról) van szó. Könnyen belátható, hogy a rendszertani és származástani lényegen túl, földtörténeti korhatározás — és így végeredményben a gyakorlati élet — szempontjából sem közömbös a hasonló alakú, homoeomorph alakok hovatartozandóságának a tisztázása. Különösen pedig akkor nem, ha a két alak különböző földtörténeti időben élt. A 137. ábrán a pörgekarúak hasonló alakúságának egyik jellegzetes esetét mutatjuk be.



137. ábra. A hasonló alakúság (homoeomorphia) *a pörgekarúak között gyakori jelenség* — a = *a felső karbonbeli* Spirifer-*félék rokonságába tartozó* Athyris subtilis; b = *az előbbihez nagyon hasonló felső jurabeli alak a* Terebratula subsella (Telegdi—Roth *nyomán)*

A földtörténeti múlt pörgekarúival kapcsolatban még sok-sok kérdést vethettünk volna föl. Nagyon sokra talán tudna is felelni a paleontológia. A ma is élő alakok vizsgálata — úgy érezzük — nem sarkallta a kutatókat olyan nagymértékben, mint a fosszilis alakok. Nem

hallgathatjuk el azonban azt a tényt sem, hogy a ma élő fajok száma lényegesen mögötte marad a fosszilisan ismert fajok számának.

S most, midőn a tapogatókoszorúsok törzsének ezt a módosult tapogatókoszorúval rendelkező osztályát megismertük, szóljunk néhány szót még életmódjukról is. Általában a sekély tengert kedvelik. Mint helyhez kötött állatoknak, vagyis a benthosz lakóinak szükségük van a víz bizonyos fokú mozgatottságára, hogy így mindig megfelelő friss vízhez és táplálékhoz juthassanak. Érdekes, hogy a túl erős napfényt nem kedvelik. Ismeretesek a pörgekarúak között olyan alakok, amelyek a túl erős nyári sugárzással szemben éppúgy nyári álommal védekeznek, mint ahogyan a medvéről is mindenki tudja, hogy a tél hidege ellen téli álommal védekezik.

A pörgekarúak a kétoldalian szimmetrikus állatok közé tartoznak. Azt már láttuk, hogy a szimmetria-sík az egyes teknőket felezi. A két teknőnek különböző rendeltetése van, ennek megfelelően a két teknő közül az egyik nagyobb, a másik kisebb. A különbség mértékének is fontos szerepe lehet. A karok finom tapogatói folytonos mozgásukkal áramlásban tartják a vizet, amely így bejut a két teknő közötti köpenyüregbe s apró törmeléket visz magával. Mind a karokon, mind pedig a szájnyílás körül kialakultak hajszálfinom képletek, amelyek az így beérkező apró törmeléket megszűrik, s csak a tápláléknak alkalmas részeket engedik tovább. Vitathatatlan, hogy a teknők alakjának fontos szerepe van a vízáramlás útjának megszabásában. A teknők hajlata, sima vagy bordázott mivolta mind szerepet játszik ebben. A víz rendesen a teknők homloki részének a közepén jut be, s kétoldalt távozik. Mindennek a pontos kiértékelése még messzemenő munkát igényel a ma élő állatok megfigyelésével és vizsgálatával, hogy az így nyert adatokat azután megfelelően és valóban kellő biztonsággal alkalmazhassuk az ősmaradvány-anyagra is.

Kutatni való tehát bőven van még a pörgekarúakkal, de ugyanúgy azzal a többi állattípussal kapcsolatban is, amelyek a pörgekarúakkal együtt a tapogatókoszorúsok törzsébe tartoznak. Egyes kutatók 3, mások csak 2 osztályt sorolnak még ide a pörgekarúakon kívül. Ezek mind megegyeznek egymással abban, hogy jól fölismerhető koszorútartójukon tapogatók ülnek. Közülük csak egy csoportnak vannak fosszilizációra alkalmas elmeszesedett vázrészei. Ezek a mohaállatkák *(Bryozoa)*. Így a pörgekarúakon kívül csak a mohaállatkákkal foglalkozunk itt részletesebben, míg a többi ide sorolt formakört csak röviden érintjük. Hiszen a gerinctelen állatok fejlődéstörténetének szempontjából úgysem mondanak számunkra semmit.

A mohaállatkák szervezete az életmód következtében lényegesen egyszerűsödött, visszafejlődött. Lágy testük két részre tagolható: a mellső a lágy testet körülvevő és védő vázból kitolható, a hátulsó rész mindig a vázon belül marad. Előbbit *polypidium*, utóbbit *cystidium* névvel illetik. A mellső részen foglal helyet a tapogatókoszorú, amely a koszorútartóból *(lophophor)* és a tapogatókból áll. A szájnyílás a tapogatókoszorún belül található, a végbélnyílás pedig a tapogatókoszorún kívül, egy kisebb csoportnál ezen belül. Azt a csoportot, amelynek végbélnyílása a tapogatókoszorún belül található, egyes rendszerek álmohaállatok *(Entoprocta)* névvel a mohaállatkák közvetlen rokonságába sorolják, mások viszont inkább férgekkel hozzák őket kapcsolatba.

Azokat, amelyeknek végbélnyílása a tapogatókoszorún kívül helyezkedik el *(Ectoprocta)*, részben a csöves tapogatósok *(Phoronoidea)*, részben az igazi mohaállatkák közé soroljuk. Előbbieknek nincs szilárd váza. A testet kifelé csak pergamenszerű anyag védi, amely köré még szervetlen anyagból, gondosan kiválogatott homokszemekből álló csövet is épít az állat. Ez persze fosszilizálódhatik, de fosszilisan a *Tubicola* férgek sokszor igen hasonló felépítésű csöveitől már igazán nem különböztethető meg. Így ezek ősmaradványai végeredményben ugyanúgy nem szerepelnek,

mint a minden szilárd vázat nélkülöző *Entoproctáké* sem. Ezért a csöves tapogatósokról itt csak annyit jegyzünk meg, hogy testfelépítésükben látszólag sokkal magasabb fokon állanak a mohaállatkáknál.

Miután a földtörténeti múltból csak a mohaállatkák maradványai ismeretesek, ezek fejlődéstörténetét kíséreljük meg itt fölvázolni. Mint már említettük, a lágy testet váz veszi körül. Annak a néhány fajnak, amelyek az édesvízben élnek, ez a váza szarunemű, fosszilizálódásra nem alkalmas. Ezeknél a koszorútartó patkó alakú. A tengeri mohaállatkák koszorútartója ezzel szemben kerekded, valóban koszorú alakú s ezek váza kalciumkarbonátból áll. Így tehát az ősmaradvány-anyagban ezeknek a képviselőit találjuk csak meg.

A mohaállatkáknak fejlett emésztőrendszere van, amely a szájnyílás után következő előbélből, majd a gyomorból és az utóbélből áll. Az emésztőrendszer U-alakú s így kerül a végbélnyílás a szájnyílás közelébe.

A mohaállatkák egyedei *(zooid)* sohasem élnek egyedül. A kiválasztott szilárd váz *(zooecium)* összekapcsolja az egyes egyedeket telepekké *(zoarium)*. Míg az egyes egyedek csak milliméteres nagyságúak, addig a telepek néhány centiméterre nőnek meg. Az élők sorában 30 cm-es, a fosszilisak között 60 cm-es telep ismeretes, mint legnagyobb.

Az egyes egyedek egyszerűnek látszó felépítését és egy telep vázát a 138. ábra szemlélteti.

Ezek az egyszerűnek tűnő alakok azonban törzsfejlődésük folyamán nagyon érdekes alkalmazkodásokkal jelentős változásokon mentek át. Eközben a szilárd vázon, a zooeciumon megváltozott a szájnyílás helye, sőt a telepeket fölépítő egyes egyedek között munkamegosztás is létrejött. Ennek megfelelően — a különleges cél érdekében — valamely speciális munka elvégzésére szolgáló egyed egész fölépítésében is megváltozhatik. A telepalkotás ősibb módjánál az egyes állatok még mind egyforma feladatokat végeznek, s így kialakulásukban, megjelenési formájukban is azonosak. Azt mondjuk ilyenkor, hogy a telep *homomorph*. Későbbi törzsfejlődési állapotban azután megjelennek a *polymorph* telepek is, azaz olyanok, amelyekben a különböző célokra módosult egyedek egymástól elütő alakúak.

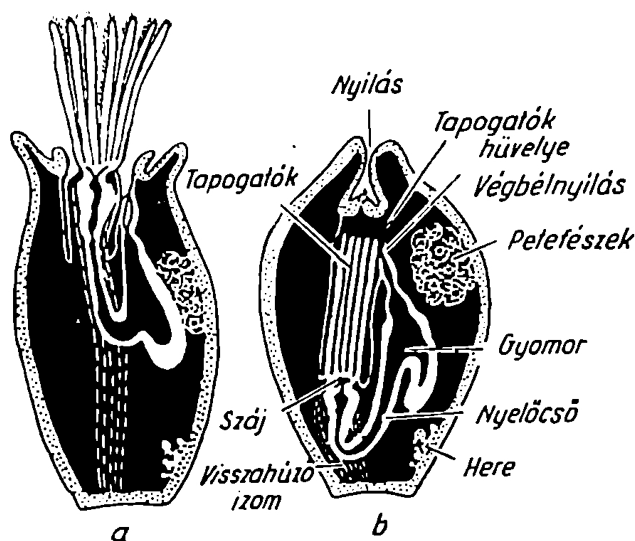
A rendes, elsősorban a táplálkozást és szaporodást szolgáló egyedeken kívül így a teljesen jól felismerhető módosult alakok is létrejöhetnek. Ezek sorában emlékezzünk meg először az ivadékgondozásra módosult zooeciumokról, amelyeket *ovicellák*nak neveznek. A mohaállatkák hímnősek, ami annyit jelent, hogy ugyanaz az egyed hím- és női csírasejteket egyaránt létrehoz. A női csírasejteket termelő mirigyek a test mellső, a hímcsírasejteket termelők pedig a test hátulsóbb részében találhatók. A megtermékenyített petesejt az ovicellákba kerül, majd az érés befejezése után a fiatal trochophoraszerű lárva innen jut a vízbe. Ezek az egyedek általában nagy alakjukkal hívják magukra a figyelmet. Hol gömb, hol inkább tojásdad alakúak, s általában a zooecium nyílásának közelében helyezkednek el, hogy a megtermékenyített pete biztosan bekerülhessen az ovicella védett térségébe (139. ábra, *a*).

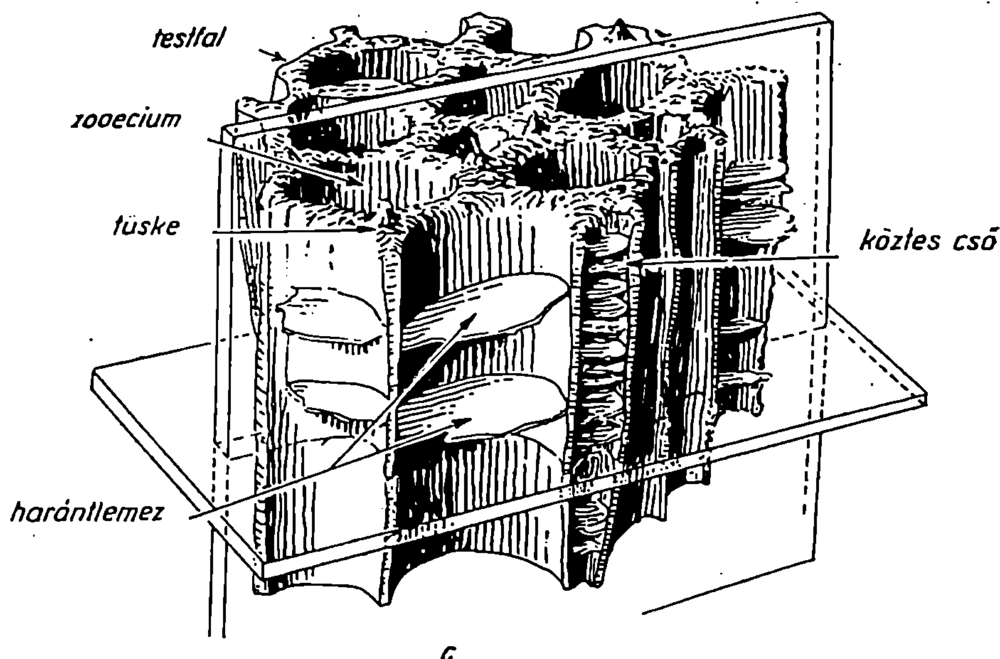
A telep „közellátásában" jut jelentős szerep azoknak a módosult egyedeknek is, amelyeknek ostora van *(vibraculariák)* (139. ábra, *b*). Ostoruk van, amelynek ütemes mozgatásával a vízáramlást segítik elő. Segítik tehát a tapogatókat is munkájukban; hozzájárulnak ahhoz, hogy az apró kis szerves anyag a szájnyíláshoz juthasson, ugyanakkor azonban egyes támadókat, ellenségeket el is riasztanak folytonos mozgásukkal a telep közeléből.

A módosult egyedek egy további csoportja meg a madárcsőrre emlékeztet. Ezek az *aviculariák* (139. ábra, *c*). Tapogatóik, szájuk, bélcsatornájuk vagy már teljesen eltűnt vagy pedig messzemenően visszafejlődött, elcsökevényesedett. Csak izmok

vannak, amelyek a madárcsőr alakú két részt mozgatják. Főleg védekező szerepük van, ami abban nyilvánul meg, hogy megakadályozzák káros anyagoknak, esetleg lárvának a telep felületére történő telepedését. De a táplálkozásban is lehet szerepük, mert egyes alakokat megragadhatnak s pusztulásukig fogva tartják. Akkor azután a víz sodra a prédát a szájnyílás felé viszi. Sem a vibraculariák, sem az aviculariák nem meszesednek el s így fosszilisan nem is kerülnek elő. Helyüket azonban a telep többi zooeciumának felületén bemélyedések jelzik, s így egykori jelenlétük mégis megállapítható. A módosult egyedek sorát itt most még egy formával egészítjük ki: vannak olyan egyedek, amelyeknek feladata, hogy a telepet az aljzathoz rögzítsék. Ezeket *stolon* néven emlegeti a szakirodalom.

Magának a telepnek az alkotásában a váz is jelentős módosulásokat szenvedhet, ezeket azonban részletes tárgyalás helyett egyszerűen csak ábránkon mutatjuk be

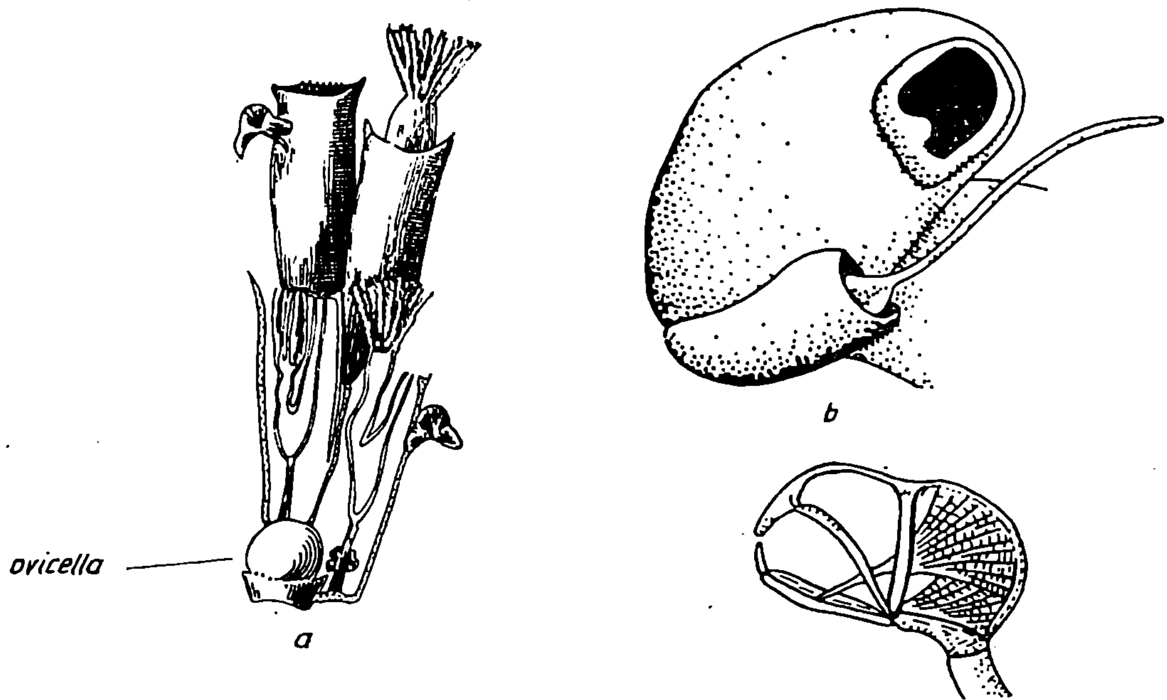




138. ábra. Mohaállatkák szervezete vázlatosan — a = *kitolt,* b = *behúzott polipidiummal és* c = *fosszilis teleprész vázlata* (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

(138. ábra, *c*), s csupán az egyes törzsfejlődési állapotok megvilágításánál fogjuk felemlíteni.

A kambrium elejéről nem ismeretesek még olyan maradványok, amelyeket a mohaállatkákra lehetne visszavezetni. De a kambrium későbbi szakaszaiban már előfordulnak egyes fosszíliák, amelyeket egyik-másik szerző a mohaállatkákkal hoz kapcsolatba. Annyi bizonyos, hogy az ordoviciumból helyenként már sok és változatos *Bryozoa* ismeretes, ami kétségtelenül arra utal, hogy az első ilyen típusú állatok



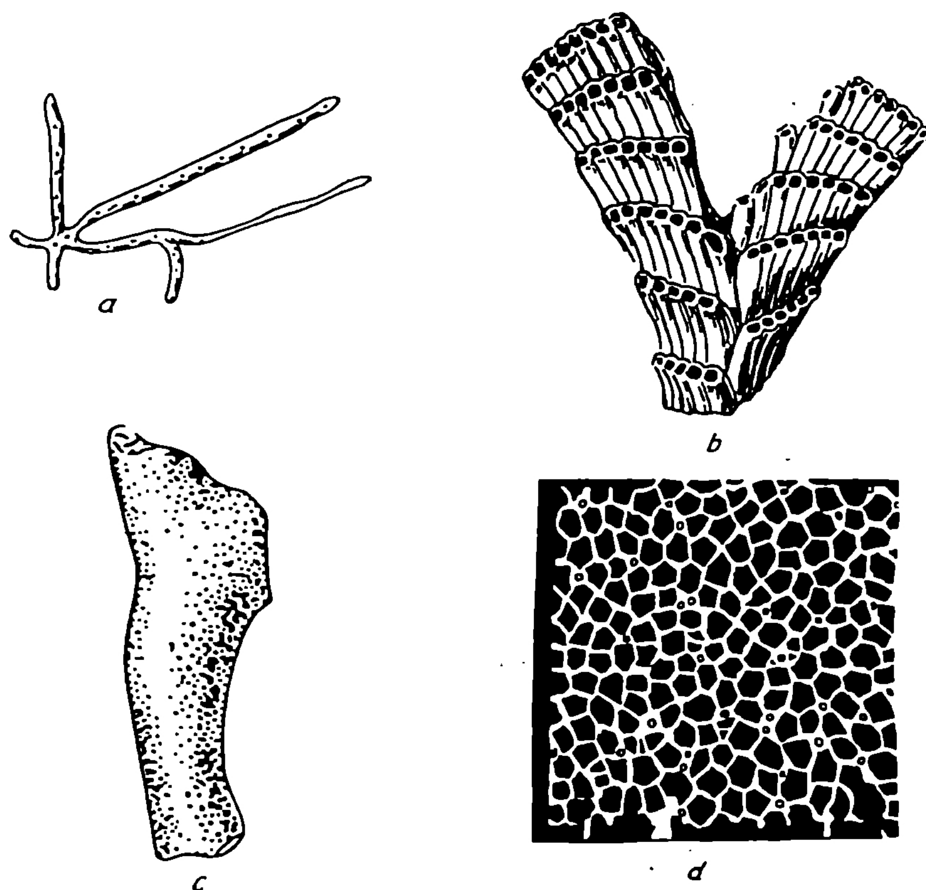
139. ábra. A mohaállatkák módosult egyedei között a nagytermetű ovicellák (a) *jól felismerhetők — ezek fogadják magukba a megtermékenyített petét;* b = vibracularia, *amely ostora mozgatásával a vizet áramlásban tartja;* c = avicularia, *amely a védekezést és táplálékszerzést szolgálja* (Moore—Lalicker—Fischer, Beerbower *és* Easton *nyomán)*

kialakulását legalábbis a kambriumba, ha nem az algonkiumba kell helyeznünk. A mohaállatkákra is érvényes az a jelenség, amelyről a pörgekarúakkal kapcsolatban már megemlékeztünk. Földtörténeti megjelenésükkor már olyan differenciáltak voltak, hogy legalábbis két, régen szétvált fejlődési ágról kell beszélnünk. Ezek közül az egyik a kambrium legvégétől minden földtörténeti időszakban kimutatható ugyan, azonban jelentős szerephez sohasem jut. Ezeket fésűsszájú mohaállatkáknak *(Ctenostomata)* nevezzük.

A fésűsszájú mohaállatkák nevüket onnan nyerték, hogy a mellső rész behúzódásakor fésűfogakra emlékeztető koszorú zárja be a zooecium nyílását. Zooeciumaik fala nagyon ritkán meszesedik el, gyakrabban a rögzítő egyedek, a stolonok falai s így egyáltalában nem csodálkozhatunk, hogy fosszilisan ritkák, és inkább csak a stolonok maradványai kerülnek elő. Ritkaságuk miatt persze földtörténeti korhatározó értékük sincs. Különben is a kevés maradvány alapján az a kép nyerhető a mohaállatkáknak erről a rendjéről, hogy az igen hosszú földtörténeti idő alatt, amely óta ismeretes, lényegesebb törzsfejlődést nem mutatott (140 ábra).

A másik ág több rendet tartalmaz, s ezeknek egymás közötti rokonsági kapcso-

latai több-kevesebb biztonsággal valószínűsíthetők. Általában úgy vélik, hogy a körszájas mohaállatkák *(Cyclostomata)* képviselik azt a csoportot, amelyből a többi rendbe sorolt mohaállatka származtatható. A zooeciumok nyílása — amint arra a név is utal — kör alakú, a váz vékonyfalú, áttört, de mészanyagból, kalciumkarbonátból áll, s így fosszilisan jól fölismerhető maradványokat hagy hátra. Az egyes zooeciumok hengeres alakúak; nyílásuk a henger végén foglal helyet (140. ábra, *b*). Egyik-másik faj telepén megjelennek a petetartó ovicellák, másokén pedig a zooeciumok belsejé-



140. ábra. A Ctenostomata *mohaállatkák egyik korai képviselője a* Vinella (a) *(az elmeszesedett, sugarasan szétágazó rögzítő részen szabályosan elhelyezkedett apró kis likacsok jelzik az egyes egyedek helyét);* b = *a* Cyclostomata *rend egyik híres, a krétában is gyakori alakja: az* Idmonea; *a középső ordoviciumi* Dekayella (c) *telepe és érintői metszete* (d) (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

ben nagy ritkán a mészlemezek, a diaphragmák. Mindezek azonban csak ritkaságok a kerekszájú mohaállatkák sorában. A típusnak a kambriumból csak egészen bizonytalan maradványai vannak, azonban az ordovicium elejétől mindmáig élnek. A ma élő alakokkal kapcsolatban nagyon pontosan meg lehetett figyelni, hogy a csöndes, nyugodt vízben élő telep hosszú és karcsú, de a mozgatott vízben élő ugyanazon faj telepe rövid és széles alakot ölt. Az ősmaradvány-anyag meghatározásában — mondanunk sem kell — ennek a megfigyelésnek nagy értéke van. Hiszen ha két elütő megjelenésű telepről megállapíthattuk, hogy ugyanahhoz a fajhoz tartoznak, akkor már egyebek között környezetükről is több mindent megállapíthatunk. A mohaállatkák aprólékos vizsgálata megint csak nagymértékben segít hozzá bennün-

ket az ősvilági környezet megismeréséhez, és egyúttal a gyakorlati földtan számára is értékes eredményekhez juthatunk.

A kerek szájnyílásúakat a földtörténeti ókorban mind alakgazdagság, mind pedig gyakoriság szempontjából — már a devonban, de még inkább a karbonban és permben — két másik rend képviselői erősen háttérbe szorítják. Ezek a ferde- *(Trepostomata)* és rejtett szájú mohaállatkák *(Cryptostomata)*. A legtöbb kutató az előbbieket közvetlenül a *Cyclostomatá*kból származtatja, az utóbbiakat pedig a ferdeszájúakból. Persze, megint újabb sereg nehézség és bizonytalanság van még az erre vonatkozó anyagismeretben, és így ezt a származási sort inkább csak ez idő szerinti ismereteink alapján mondhatjuk valószínűnek.

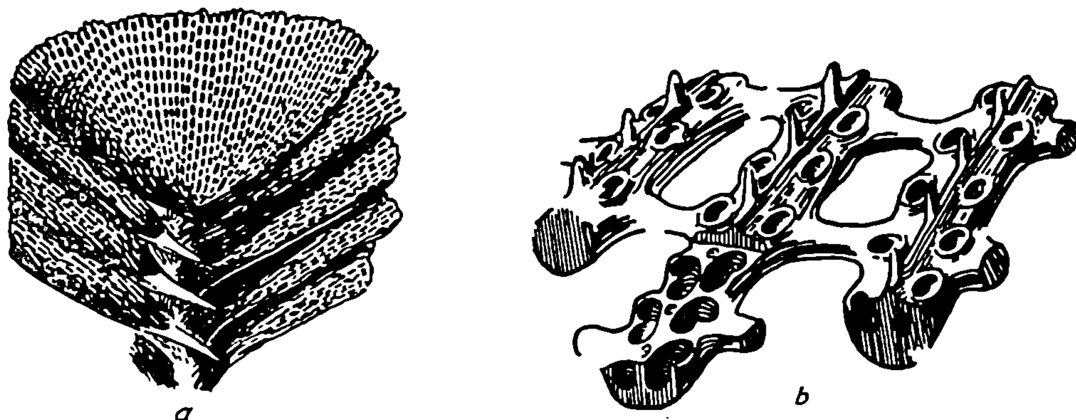
Nos, a ferdeszájúak néhány jellegükben valóban elütnek a kerekszájúaktól. Többnyire vastagfalú zooeciumaik vannak. Ha két szomszédos egyed fala minden fölismerhető határ nélkül olvad egymásba, — az illető alakot a *Trepostomata* rend *Amalgamata* alrendjébe osztjuk, ha pedig a két fal határa megfigyelhető, akkor az *Integrata* alrendjébe. A telepek tömzs alakúak, lemezesek, esetleg fa alakúak lehetnek. (Már régen meg kellett volna írnunk a mohaállatkák elnevezésére vonatkozóan, hogy a telepek gyakran apró kis fácskákhoz, ha úgy teszik: mohához hasonló alakot öltenek. A tudományos *Bryozoa* szó szerint ugyanazt jelenti. Az angol irodalomban találkozunk a *Polyzoa* megjelöléssel is. (Ez „sok állat"-ot jelent, s a mohaállatkák telepalkotására vonatkozik.) A telepet fölépítő egyes zooeciumok fala elmeszesedett, alakjuk általában hengeres és a szájnyílás nem kerek. A telep külső részén, az „érett" *(maturus)* részen a fal jóval vastagabb, mint az „éretlen" *(immaturus)* részen, a telep belső részeiben. Egyes alakok zooeciumaiban lemezek *(diaphragmák)* találhatók. A normális egyedek között itt ezektől eltérőeket is találunk. Vannak kisebb átmérőjű csövek, sűrűn egymásután következő diaphragmákkal: ezeket *mesoporus*oknak nevezik. A normális csövek falaiból kiemelkedő tüskeszerű képződmények *(acanthoporus)* ugyancsak előfordulnak. Néha a telep felületén kis „hegyecskék" *(monticulus)* vannak. Miután a ferdeszájú mohaállatkák a földtörténeti ókor végén kihaltak, s hasonló elemeket a ma élők telepén nem találunk, bizony majdnem lehetetlen megmondanunk, hogy az egyedek ilyen természetű módosulása végeredményben milyen célt szolgált. Itt csak annyit szögezünk le, hogy a kerekszájúakon ilyenek nincsenek, ezért fogadhatjuk el azt a nézetet, hogy a kerekszájúak képviselik az egyszerűbb, törzsfejlődésileg alacsonyabb fokon, a ferdeszájúak pedig a magasabb fokon álló állapotot.

Mint a mohaállatkákat általában, a ferdeszájúakat is mikroszkóppal vizsgáljuk. Nem elég azonban csak a telep felületét megvizsgálnunk, hanem hossz- és érintői metszetű csiszolatokat is kell készítenünk róluk. S képük, felépítésük, egész szerkezetük ilyenkor elég sok olyan vonást tüntet föl, amelyek alapján a fenéklemezes koralloktól sokszor csak nagyon nehezen különböztethetők meg (140. ábra, *c* és *d*).

A ferdeszájúaktól származnak a rejtettszájúak. Nevüket onnak kapták, hogy a felületi nyílás csak mintegy előtérbe, vestibulumba vezet, amint már a korallok esetében is láttuk. A zooecium igazi nyílása a vestibulum alján van. A rejtettszájúaknak is egyébként meszes váza van, s általában eléggé hasonlítanak fölépítésükben a ferdeszájúakhoz. Itt is csak azokat az elemeket találjuk meg, mint ott. Telepeik azonban nem olyan tömzsösek, többnyire finom alkotásúak, sokszor kiterült levélhez vagy legyezőhöz hasonlóak. Igen érdekes és jellegzetes alakú az ide tartozó *Archimedes* (141. ábra, *a*), amelynek legyező alakú telepe tengely körül csavarodik föl, s végeredményben egymásba helyzett tölcsérekhez hasonló. Kiterült legyező formájú a *Fenestella*. Nevét onnan nyerte, hogy a telepben ablakocskák vannak (141. ábra, *b*) s összekötő gerendák hozzák létre a kapcsolatot a telep egészében.

A ma élő mohaállatkák sorában a szájfedősök *(Cheilostomata)* játsszák a legfon-

tosabb szerepet. Változatosságban, finom felépítésben, szépségben és alakgazdagságban messze felülmúlják a mai *Ctenostomatá*kat és a *Cyclostomatá*kat is. Származásuk ugyan szintén homályos egy kissé, de a kutatók többsége úgy véli, hogy a rejtettszájúakból származnak. Ezek utolsó képviselői a permből ismertek, viszont az első szájfedősök maradványai meg a jurából kerülnek elő. Így azt kell föltennünk, hogy a triászban is élt olyan rejtettszájú mohaállatka, amelynek maradványai ugyan eddig még nem kerültek elő, de amely fejlődési ág a szájfedősök kialakulásához vezetett. Bárhogy is álljon a származás kérdése — kétségtelen, hogy a mohaállatkák között ez a



141. ábra. Az Archimedes *jellegzetes telepei* (a) *a karbonban gyakoriak, de a permben is megtalálhatók (ábránk metszetben mutatja a telepet);* b = *mind az* Archimedes, *mind a* Fenestella *vázát az „ablakok" jellemzik (a szerkezet erősen nagyítva)* (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

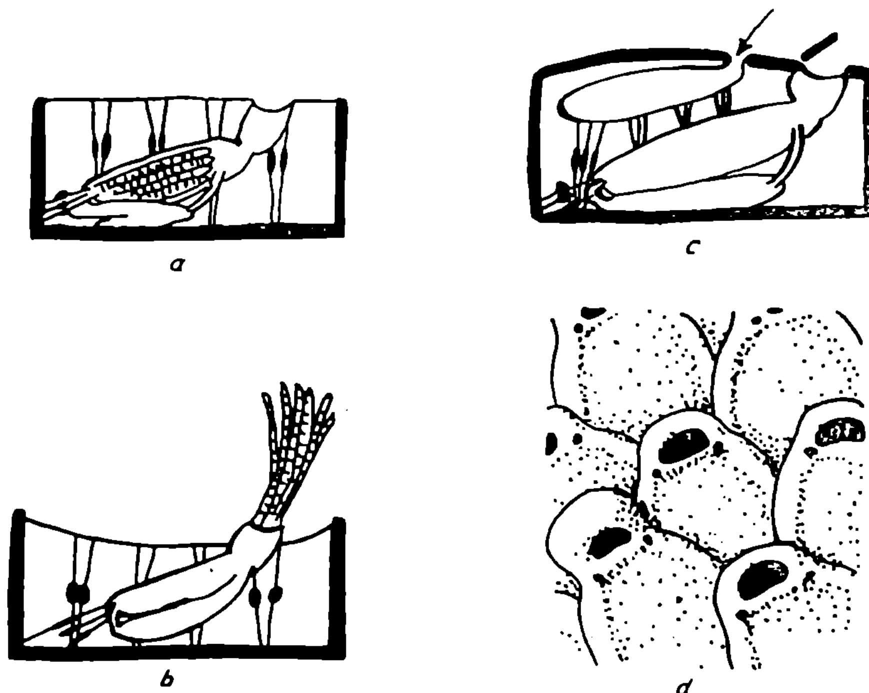
csoport képviseli a törzsfejlődésileg legmagasabb állapotot. Ezek alkalmazkodtak legmesszebbmenően a tenger élővilágában a mohaállatkák számára lehetséges összes körülményhez, új szerveket szereztek meg s ezáltal nagyon virágzó, virulens csoporttá lettek.

Telepeikben az ovicellák mellett megjelennek a vibraculariák és az aviculariák. A telepben kiteljesedik a ma ismert legnagyobb fokú sokalakúság *(polymorphismus)*, de az egyes egyedeknek is új szervezeti fejlődésük van. Ha a tapogatókoszorút az állat behúzza a zooeciumba, ennek nyílását egy fedő *(operculum)* zárja le. Ezzel — akárhogy nézzük is — tökéletesebbé válik a külvilág irányában az egyed védelme. A mellső rész, a polypidium kitolása és behúzása, ugyancsak igen különbözővé válik. Alapvetően kétféle módon történhetik, de a kétféle módon belül még sokféle lehetőség áll fönn. A részletek mellőzésével itt csak arra utalunk, hogy az alapvető módok közül az egyik kompenzációs (kiegyenlítő)-zsák nélkül, a másik pedig ilyennek a segítségével történik. A kompenzációs-zsák nélküli állatok (142. ábra, *a* és *b*) zooeciumának a mellső fala néha hártyás állapotban marad. Ez természetesen a fosszilizáció folyamán tönkremegy. Így a fosszilis alakon nagy nyílások tűnnek fel. Ha pedig van kiegyenlítő zsák, akkor annak külön kivezető nyílásának is kell lenni. Ez a nyílás a fosszilis alakokon felismerhető (142. ábra, *c*).

Mindezek a tények világosan igazolják, hogy a *Bryozoá*k sorában a szájfedősök jutottak el a törzsfejlődés legmagasabb fokára. Hidrosztatikai berendezésük pontossága és érzékenysége legalábbis erre vall. De ez a magas fejlődési állapot azt is valószínűvé teszi, hogy a mohaállatkák mind magas törzsfejlődési állapotot képviselnek és látszólagos egyszerűségük másodlagosan jött létre.

Vizsgáljuk meg most még a mohaállatkák életkörülményeit, miután testfelépítésükkel és fejlődéstörténetükkel nagy vonásokban megismerkedtünk. Azt már hallottuk, hogy az édesvízben élők száma igen kicsiny. Azt is tudjuk, hogy ezek *U*-alakú koszorútartóval rendelkeznek, elmeszesedett vázuk pedig nincs. Így az ősmaradvány-anyagban nem szerepelnek. (A csehországi felső krétából említett *Plumatellites* az egyetlen maradvány, amelyet ide soroznak.)

A mohaállatkák túlnyomó többsége a tengerben él. Világszerte elterjedtek,



142. ábra. Kiegyenlítő zsák nélküli szájfedős mohaállatka behúzott (a) *és kinyúlt* (b) *állapotban;* c = *kiegyenlítő zsák telítetlen állapotban, a polypidium a zooecium belsejében (ha az izmok összehúzódnak, a zsák kitágul, víz kerül bele és így kinyomja a polypidiumot);* d = *az* Cheilostomaták *zooeciumai gyakran korsó alakúak (*Easton *és* Beerbower *nyomán)*

hűvös tengerekben is megélnek, azonban a mérsékelt és tropikus égöv tengereiben tömegesebben fordulnak elő, mint a hidegvizű tengerekben. Mélységbeli elterjedésükről nagyjából ugyanazt mondhatjuk: előfordulnak több ezer méteres mélységig is. Élő telepeket 6000 m-es mélységből is kihalásztak már, de fő elterjedésük a sekély tengerre esik. Már 300 m mélyen megritkulnak, s még inkább 500 m alatt. A sekélytengerieknek sokszor jelentős a szerepük a zátonyok fölépítésében.

Miután életmódjuk helyhez kötött s a kialakuló telepek mohaszerűek vagy bekérgezés alakúak, legkedvezőbb számukra a szilárd aljzat, sziklafenék. De rögzíthetik telepeiket kődarabhoz, kagylóteknőhöz, *Brachiopodák*hoz s így a laza üledékkel borított tengerfenéken is megtalálhatók. Elsősorban a mésziszapos tengerfenéket kedvelik, s így ősmaradványaik is legtöbbször mészkő és mészmárga üledékekből kerülnek elő. Ritkábban agyagpalából, és még ritkábban homokkőből. Homokos tengerfenéken körülményes a rögzítés s ezáltal ritkák a mohaállatok maradványai a homok és a homokkő rétegekben. Azok az alakok, amelyeknek nincsenek szilárd vázrészei, arra is képesek, hogy a tengerfenéken lassan tovamozogjanak.

Nyilvánvaló, hogy a tiszta víz az iszaposnál sokkal megfelelőbb krönyezet számukra. Így a hullámverés öve igen kedvező lehet, éppen úgy, mint az áramlások területe is. Ilyenkor a friss víz biztosítva van a számukra, és iszap sincs.

Érthető azonban az a meggondolás is, hogy a finom, gyengéd telepeket alkotó fajoknak elsősorban nyugodt, csöndes vízre van szükségük. Törékeny váz az erősen mozgatott, hullámveréses vízben könnyen megsérülhet.

S most kíséreljük meg összevetni mindazt, amit a tapogatókoszorúsokról a tudomány eddig megállapított.

Valamennyi ide tartozó osztálynak az idegrendszere kevéssé fejlett. Bélcsatornájuk viszont érdekes különbségekben tér el egymástól. A pörgekarúak záróshéjú alakjainak a bélcsatornája a test belsejében vakon végződik. A mohaállatok és az *Entoproctá*k testének belsejében kocsonyás anyagot találunk. Ha most még mindehhez hozzávesszük azokat a különbségeket, amelyeket már eddig is említettünk, például az egyedek nagysága közötti különbséget, valamint azt a tényt, hogy vannak telepalkotó és magányos formáik, elámulunk a törzs változatosságán és megértjük azokat a kutatókat, akik 2, sőt 3 külön törzsbe sorolják ezeket az állatokat. Hiszen már a tapogatókoszorúnak a módosulása is jelentős különbségeket érzékeltet.

Az egyedi fejlődés korai szakaszának összevetése azonban sok hasonló vonásával mégiscsak az összetartozásukat érzékelteti, ami elsősorban abban nyilvánul meg, hogy valamennyi alakkörben megfigyelhetők azok a jelenségek, amelyek az újszájúak felé vezetnek.

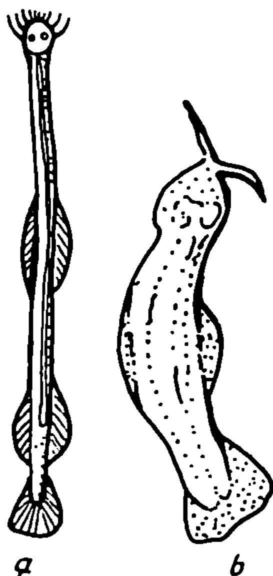
Így az ősszájúak igen változatos csoportjának betetőzéseként mutattuk be a tapogatókoszorúsok oly sok jellegben elütő, de mégiscsak összetartozó alakkörét.

Az ősszájúak egész fejlődéstörténete azt a szinte hihetetlenül változatos képet tárja elénk, amely a férgek világából vezet el a ma élő állatvilág két leggazdagabb törzsén, a puhatestűeken és az ízeltlábúakon keresztül e sajátságos állattörzsig, s valóban szédítő időtávlatokban szemlélteti az élővilág ez ágának sokrétű, bonyolult, és bizony sok részletében még nem teljesen tisztázott fejlődési kapcsolatait.

A TÖRZSFA MÁSIK OLDALÁN

Amikor törzsfánk ismertetéséről szó volt, megemlítettük, hogy az újszájúak eredete, kialakulásuk, fejlődéstörténetük egyelőre még ismeretlen. Ezért itt most nem is igyekszünk újra megvilágítani ezt a roppant izgalmas kérdést, hiszen egyelőre csak a feltevések között válogathatunk. Pontos bizonyítékok még nem állanak rendelkezésünkre, amelyek az újszájúak származásáról tiszta képet nyújtanának. Ködös, távoli földtörténeti idők múltjába vezet az ősi alak föltételezése, amelyet a ma rendelkezésünkre álló ősmaradvány-anyag nem juttatott még birtokunkba. Tény, hogy a kambriumban már az újszájúak is változatos csoportokban állanak előttünk.

Az újszájúság kétségkívül olyan jelleg, amely az állatvilág fejlődésében új lehetőségeket, új alkalmazkodási irányokat vetett felszínre. Sőt gyorsabb, sok szempontból eredményesebb fejlődési módot biztosított. Így a háti oldalon levő idegrendszer olyan utakat is megnyitott a fejlődésben, amelyek még gyorsabb evolúciós tempót diktáltak: kialakultak a *gerinchúros állatok*, majd a magasabb törzsfejlődési lépcsőfokot képviselő *gerincesek*. Ezek sokféleségükkel, különböző irányú alkalmazkodásukkal az állatvilág fejlődésében valóban tüneményes gyorsasággal alakították ki az egyre tökéletesebb formákat. Végül is az újszájúak törzsfejlődésének legmagasabb alakkörében, az emlősök között megjelent az ember, s rövid 1 millió év alatt a kőszerszám használatától az űrrepülésig jutott el.



143. ábra. A ma élő nyílféreg a Sagitta (a) *körvonalához nagyon hasonló a Burgess palák középső kambriumi rétegeiből leírt* Amiskwia (b) (Easton *nyomán)*

Az újszájúak alacsonyabb fejlődési állapotot jelző formakörei valamennyien megegyeznek egymással abban, hogy eredetileg kétoldalian szimmetrikusak, de egyik csoportjukon, a tüskésbőrűeken a kétoldali részarányosságot ötsugaras szimmetria nyomja el. Lárva állapotban azonban a tüskésbőrűeknek és az előgerinchúrosoknak annyi a közös vonása, hogy a közös őstől történt származás kérdése nem kétséges.

Az újszájúak sorában a gerinceseknél alacsonyabb törzsfejlődési állapotot képviselő törzsekként a *tüskésbőrűek* és az *előgerinchúrosok* szerepelnek. Ezeken kívül egyes rendszerekben ide sorozzák a nyílférgeket, mások a serteállkapcsúakat. Ezek féregszerű alakok, általában ritkák és rendszertani helyzetük egyáltalában nem tisztázott. Őslénytanilag mindössze azért érdemelnek említést, mert a mai nyílféreghez nagyon hasonló alak a híres középső kambriumi Burgess palákból is előkerült. En-

nek a maradványnak az *Amiskwia* nevet adták (143. ábra), s bizony nehéz megállni, hogy meg ne emlékezzünk róla, amikor annyira hasonlít a ma is élő nyílféreghez. Ugyanígy jelentéktelen és bizonytalan rendszertani helyzetű csoport a *Pogonophora*, amelyet egyes rendszerek szintén önálló törzsként tekintenek.

Mi azonban itt az újszájúak közül csak két törzset említünk a gerincesek előtt. Olyan két típusról lesz szó, amely az ősmaradvány-anyagban is gazdagon van képviselve, s fosszíliái sok esetben mint nagyon fontos földtörténeti korjelzők, elsőrendűen fontos szerepet játszanak.

A tüskésbőrűek világa

Nagyon gazdag birodalom! — Sok és sokféle alak tartozik a tüskésbőrűek közé. A név ugyan nem egészen pontosan fedi a törzs sajátosságait, mert vannak típusaik, amelyek egyáltalában nem tüskések! De abban valamennyien megegyeznek, hogy mind tengerben élő alakok. Alig akad köztük egy-egy faj, amely elbírná a tengervíz sótartalmának csökkenését. Így jellegzetesen olyan alakoknak tekinthetők, amelyek a normális sótartalmú tengerek lakói.

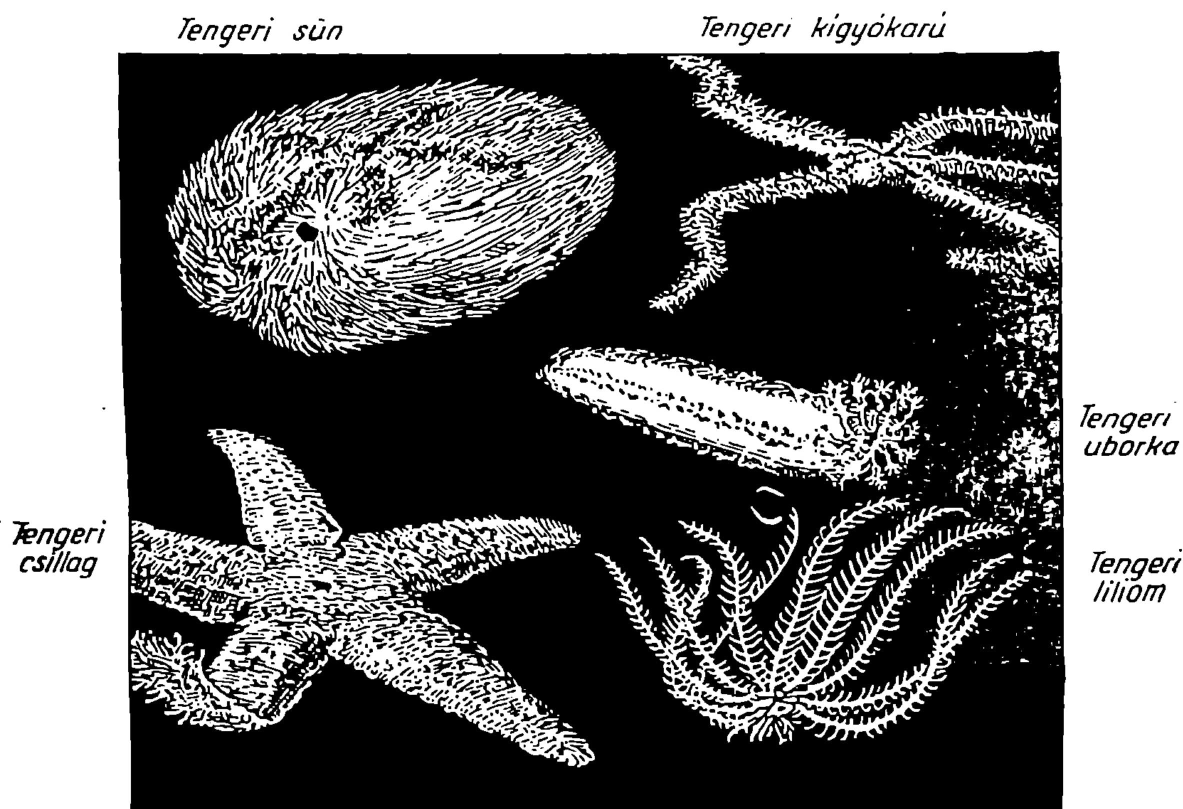
Miután mészlemezekből álló szilárd vázuk van, fosszilisan is előfordulnak. Maradványaikat valóban meg is találjuk már a kambriumtól kezdve. Szilárd vázuk a kültakarón belül alakult ki, így tehát végeredményben belső vázasoknak tekinthetők, mint a gerincesek. Vázuk kalciumkarbonátból áll, de a melegvizű tengerekben élőknél megállapították, hogy a kalciumkarbonátot részben magnéziumkarbonát helyettesíti. A tüskésbőrűek *(Echinodermata)* minden egyes vázeleme egy-egy kristálytani egységnek felel meg. Ha valamely kőzetből geológus-kalapácsunkkal kiütünk egy tüskésbőrű maradványt, annak törési felületén mindig megjelennek a kalcitkristályokra jellemző romboéder lapok. Így tehát a tüskésbőrűeket már töredékeikben is könnyen felismerhetjük.

A tüskésbőrű név (amely a tudományos *Echinodermata* elnevezés pontos fordítása), mint már mondottuk, nem is illik tulajdonképpen valamennyi ide sorolt alakra, csak a tengeri sünökre és a tengeri csillagokra, de ez a jellegzetes sajátság olyan szembetűnő, hogy végül is az egész törzsre ezt a nevet alkalmazták. Mihelyt egy pillantást vetünk ezekre az alakokra (144. ábra), rögtön látjuk, hogy az ide tartozó, ma is élő alakok milyen eltérő külsejűek. Az eltérő külső megjelenés és a tüskék megléte vagy hiánya ellenére is mindezen „tüskésbőrűeknek" vannak olyan szervezeti sajátságai, amelyek alapján jogos, hogy egy törzsben egyesítsük ezeket a különböző alakokat. S ide sorozunk még egy sereg réges-régen kihalt alakot is, amelyek ezekkel az alaktani sajátságokkal rendelkeznek.

Mielőtt azonban rátérnénk az alaktani vonásokra, röviden ismertetnünk kell a tüskésbőrűek lárváit is, amelyek az ősszájúak trochophora lárvájától lényegesen különböznek. Nagyon alapos és pontos vizsgálatokat végeztek ebben az irányban, s így sok értékes eredményt sikerült nyerni. Elöljáróban már itt megemlítjük, hogy a tüskésbőrűek lárvája elvileg sok megegyező vonást mutat az előgerinchúrosok egyik-másik csoportjának a lárváival. Ez persze nemcsak az „új szájnyílás" megjelenésében nyilvánul meg, hanem sok más jellegben is, így igazolja a két csoport közeli rokonsági kapcsolatát, illetőleg a közös ősi eredetet. Ez a közös ősi eredet olyan távoli ősidőkbe nyúlik vissza, hogy mire ez alakok ősmaradványok alakjában ismertekké lettek, már maguk a tüskésbőrűek is erősen szétkülönült sok, típust magukban foglaló törzsre oszlottak szét.

A többféle megjelenésű forma lárvái között természetesen bizonyos eltérések állapíthatók meg. Végeredményben azonban valamennyit egy elméletileg konstruált közös lárva alakra, a *Dipleurulá*ra vezethetjük vissza. Nézzük meg ezek után, hogy milyen is ez az elméletileg megállapított, a különböző alakok lárváiból össszeállított lárvaalak.

A *Dipleurula-lárva* kétoldalian részarányos (145. ábra). Ez arra utal, hogy az ősi alak, amelyből a tüskésbőrűek származása kiindult, ugyanilyen szimmetriájú

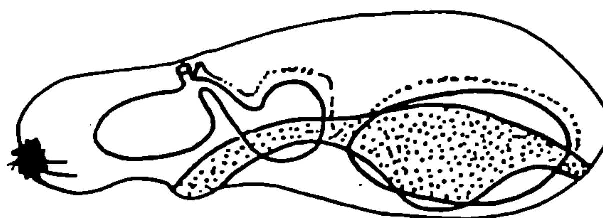


144. ábra. Ma élő tüskésbőrűek jellegzetes típusai (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

volt. Kezdetben valamennyi csoport lárvája szabadon úszott. Ez a tény — a kutatók véleménye szerint — megint arra utal, hogy a tüskésbőrűek eredetileg szabadon mozgó ősöktől származtak. A ma élők között azonban jól megkülönböztethetők a helyhezkötött életmódú, nyeles alakok *(Pelmatozoa)* és a szabadon mozgó nyél nélküli alakok *(Eleutherozoa)*. A nyeles alakok s a szabadon mozgók közül egyik-másik tengeri csillag lárvája a szabadon mozgó állapot után szilárd tárgyra rögzül: a nyeles tüskésbőrűeké végleg, azonban a tengeri csillagoké csak rövid átmeneti időre. Az átmeneti idő után a tengeri csillagok lárvái ismét szabadon mozgókká lesznek. Kezdetleges állapotban 3 zacskópár figyelhető meg a *Dipleurulá*n. A mellsőnek a testfelületre vezető nyílása van. A mellső zacskópár egyik oldala visszafejlődik, míg a megmaradónak a kivezető nyílásából alakul ki a tüskésbőrűek ún. vízedényrendszerének bevezető nyílása. A lárvának bélcsatornája is van. A szájnyílás a nyeles tüskésbőrűeken fölfelé vándorol, s a béltraktus ennek következtében megcsavarodik. Azokon az alakokon, amelyeknek lárvája szabadon mozgó, azt figyelhetjük meg, hogy mind a száj-, mind pedig a végbélnyílás bezárul, és az eredeti

helyzethez képest 90°-kal elfordulva oldalt alakul ki új száj-, illetőleg végbélnyílás. Ez annyit jelent, hogy a kifejlett egyed tengelye a lárva tengelyével derékszöget zár be. Az új száj- és végbélnyílás kialakulása után megindul a vízedényrendszer sugárcsatornáinak a kialakulása is s ezzel lassan előttünk áll a kifejlett egyed (146. ábra).

A lárva állapotot itt részletesebben ismertettük azért, hogy világossá váljék a különbség az eddig megismert törzsek és a tüskésbőrűek között. Azután meg azért is, hogy lássuk, miként haladt a fejlődés menete egy jelentős lépéssel ismét előbbre. Aligha van a biológiai kutatásokban szebb és izgalmasabb fejezet, mint az élet kibontakozásának, az egyre bonyolultabb, mindinkább sokoldalúbban vagy éppen ellenkezőleg: folytonosan egy irányba specializáltan haladó fejlődésnek a nyomon követése! S a fölmerülő nehézségek, a megoldatlan kérdések csak még izgalmasabbá teszik a kutatást, hiszen azt jelzik, milyen irányban kell tovább haladnunk, hogy újabb, biztosabb, pontosabb eredményeket kaphassunk.



145. ábra. Dipleurula *lárva oldalnézetből — a pontozott rész a bélcső, a csillangós rész a mellső oldalon van, itt rögzül; rajzunk a három zacskópárt is feltünteti* (Easton *nyomán)*

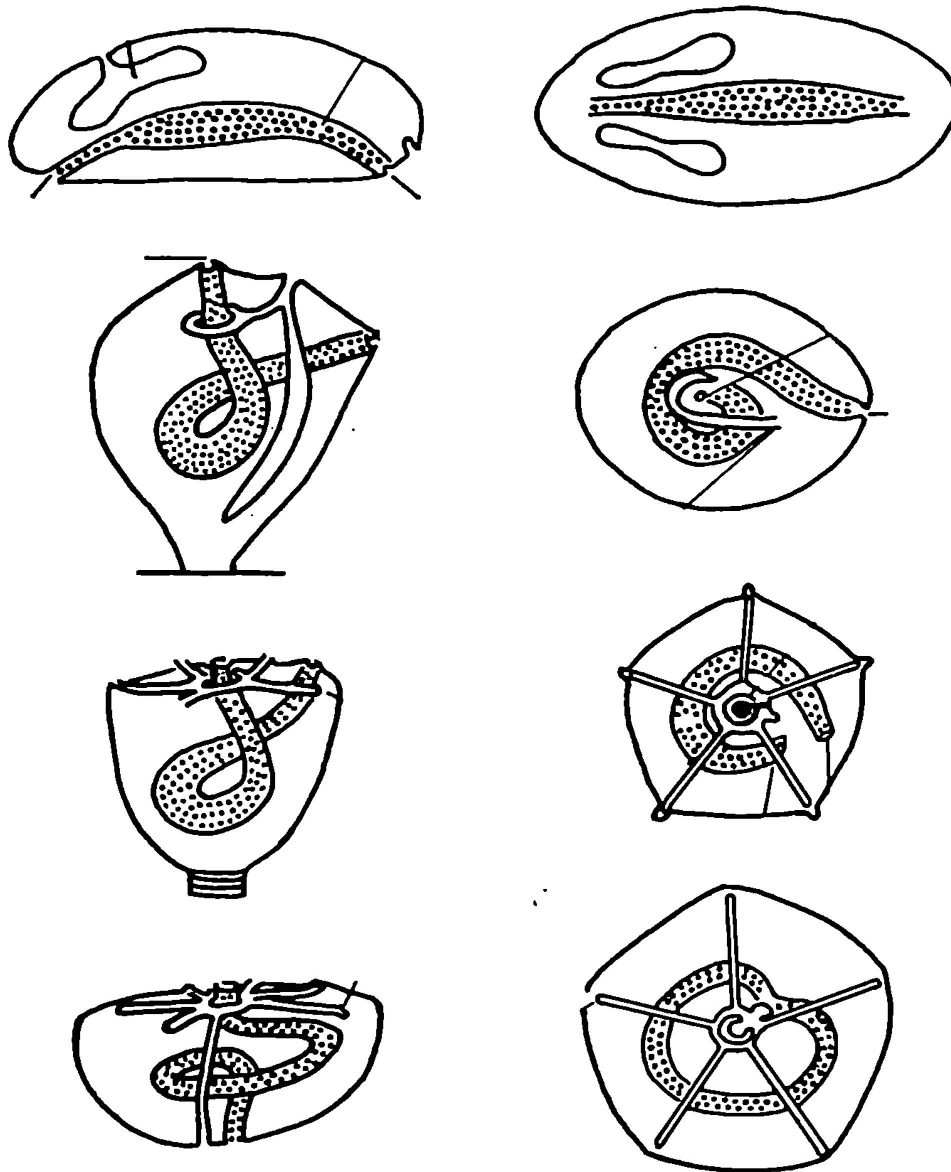
A *Dipleurula*, mint láttuk, föltétlenül szabadon mozgó ősi alakok lárvájaként jött létre. De azt is láttuk, hogy a mai tüskésbőrűek lárvái közül egyesek végleg rögzítődtek s ezekből a rögzített lárvákból rögzített állatok alakultak ki. A tüskésbőrűek, mire típusuk kifejlődött, rögzített életmódot folytató állatok lettek, de törzsfejlődésük folyamán egyes fejlődési vonalakon ismét visszatértek a szabadon mozgó életmódra. Nos, ennyi változás után egy pillanatig sem csodálkozhatunk, ha a tüskésbőrűeknek is ilyen nagy az alakgazdagsága, ha ebben az állattörzsben is a különböző fejlődési ágakon különböző életmódhoz alkalmazkodott alakok egész sorával találkozunk. Az meg aztán megint természetes, hogy az életmódban bekövetkezett sok változásnak az alaktanban is a változások egész sora felel meg.

A tüskésbőrűeknek fejlett idegrendszere, de tökéletlen érzékszervei vannak. Bélcsatornájuk ugyancsak jól fejlett. Véredényrendszerük azonban nincs. Van viszont egy olyan szervrendszerük, amely kizárólagosan a tüskésbőrűek sajátja: ez a *vízedényrendszer*. Működését, célját, feladatát illetően azonban az állattan kutatói még nem adtak végleges választ. Kétségtelen, hogy a gázcserében szerepe van, sőt ez a szervrendszer a gázcsere fő közvetítője. De biztos, hogy a nem rögzített életmódot folytató alakok helyváltoztatásában is szerepet játszik. Ezért nevezik ambulakralis rendszernek is. (A latin *ambulare* annyit jelent, mint járni. A szót könnyen megjegyezhetjük, ha a járóbetegrendelés szakszerű nevére, az *ambulanciára* gondolunk.) Kétségtelenül szerepe van a táplálkozásban, mert az ambulakrális lábak egy része fogó szervvé is átalakulhat. Végül pedig egyesek szerint a táplálkozásban egyébként is mint fölszívó szervnek van szerepe, míg mások a hiányzó kiválasztószervek funkcióját is a vízedényrendszernek tulajdonítják. A zoológusok további kutatására e téren föltétlenül szükség van még.

Az ambulakrális vízedényrendszer elhelyezkedése a szilárd vázon belül elvileg valamennyi tüskésbőrűben azonos, de a különböző típusokon mégis bizonyos eltérések figyelhetők meg — az eltérő alaktani sajátságoknak megfelelően (147. ábra).

A helyhezkötött életmód jelentős változást hozott létre a test felépítésének szimmetria-viszonyaiban is. Ennek következtében alakult ki az egész állatvilágban

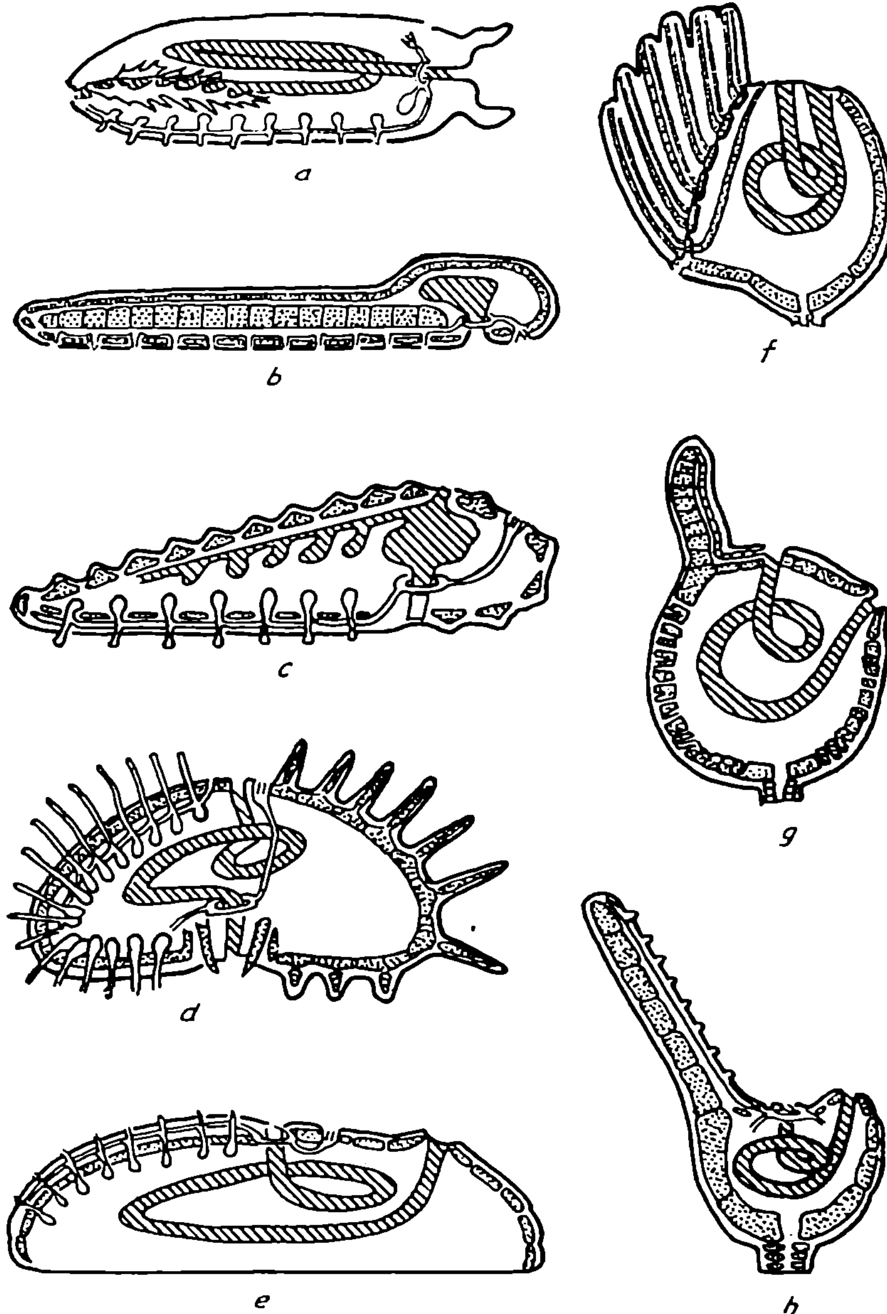
egyedülálló ötsugaras részarányosság. Azt már eddig is megfigyelhettük, hogy a helyhezkötött életmódot folytató állatok legtöbbször sugarasan részarányosak. Ezt a testfelépítést láttuk a koralloknál, sőt erre utal pl. a *Rudista* kagylók, vagy a *P\ rgoma* nevű kacslábú rák külső megjelenése is Ez a sugaras szimmetria tévesztett meg a múlt század első negyedében még a kitűnő összehasonlító anatómus-paleontológust, a nagy *Cuviert* is, aki a korallokat és tüskésbőrűeket *Radiata* (sugaras állatok) néven egyesítette. Csak jóval később, a 19. sz. második felében ismerték föl a két típus közötti nagy különbséget. De akkor is még hosszú ideig tartott, amíg a tüskésbőrűek magas törzsfejlődési helyzetével tisztába jöttek.



146. ábra. A tüskésbőrűek egyedi fejlődése a lárva-állapottól a kifejlett egyedig — oldal- (bal-) és felülnézetben (jobboldalt). A felső két rajz a lárvát mutatja, de csak a mellső zacskópárral (világos rész). A bélcsatorna (pontozott) még nem csavarodott. A 2. sorban közvetlenül a megtapadási állapotot, a 3. sorban a nyeles, a 4. sorban a nyeletlen tüskésbőrűeket (utóbbiakat fordított állapotban) látjuk (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

Ahogyan a korallok 4 vagy 6 sugaras részarányossága csak felületes — és végeredményben ott is a kétoldali szimmetria rejtőzik a mélyben — ugyanúgy áll a dolog a tüskésbőrűek ötsugaras szimmetriájával is. Ez egyébként a lárva állapotból természetesen következik.

A tüskésbőrűek ötsugarasan részarányos testfelépítését legjobban a tengeri csillagon tanulmányozhatjuk, amelynek karjai egymással 72°-os szöget zárnak be.



147. ábra. Különböző tüskésbőrűek keresztmetszete — a = *tengeri uborka;* b = *kígyókarú tengeri csillag;* c = *tengeri csillag;* d = *tengeri sün;* e = *az ősi típusú* Edrioaster; f = Blastoidea; g = Cystoidea; h = *tengeri liliom keresztmetszete* (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

Az öt szimmetria sík mindegyike felezi részben az egyik kart, másik oldalán pedig a két kar közti részt. Ez a részarányosság azonban nem egészen törvényszerű, mert az egyik karok közti mezőben ott fekszik a vízedényrendszer nyílásának, a hidroporusnak a fedőlemeze, a madreporit. Ha pedig megfigyeljük az állat mozgását is, rövidesen megállapíthatjuk, hogy mozgása mindig a madreporittól balra eső kar irányában történik. Így tehát — a mozgásirány figyelembevételével — van egy olyan szimmetria sík is, amelyik az elülső-hátulsó iránynak felel meg. Ez a sík azonban úgy metszi a tengeri csillagot, hogy a síktól jobbra eső madreporitnak a sík bal oldalán nincs tükörképe. Ez a sík tehát csak a mozgásirány szempontjából szimmetria sík. Fektethetünk azonban olyan síkot is, amely a madreporiton halad keresztül és felezi a test tulsó oldalán levő kart. Ez valóban szimmetria sík, de ilyen csak egy van. Végeredményben a tüskésbőrűekre annyira jellemző ötsugaras részarányosság csak látszólagos, szigorúan véve tehát itt is a kétoldali részarányosság az alapforma.

A tüskésbőrűek látszólagos ötsugaras szimmetriája azonban ennek ellenére elgondolkoztató. Vannak tudósok, akik ezt ugyancsak a magasabb törzsfejlődés bélyegének tekintik, s kapcsolatba hozzák azzal a ténnyel, hogy a négylábú gerincesek ujjainak a száma eredetileg öt. (Talán nem lesz érdektelen itt megemlíteni, még ha részletesebb kifejtésére nincs is módunk, hogy egyes szerzők szerint a gerinchúros típus egyes neoténiás tüskésbőrűekkel kapcsolatban jött létre.)

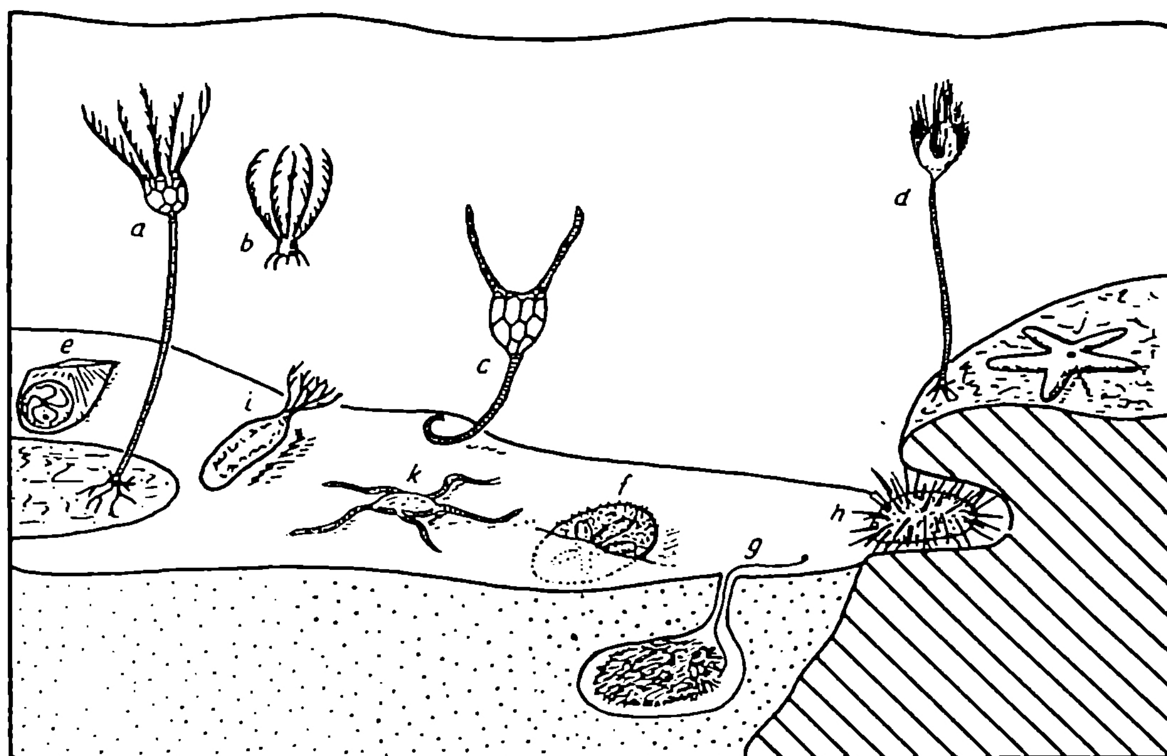
A tüskésbőrűek törzsfejlődésében kétségtelenül fölismerhetjük azt az irányzatot, hogy kezdetben a helyhezkötött életmód megszerzésével egyre tökéletesebb ötsugaras részarányosságot érnek el. Az első, legrégibb helyhezkötött életmódú tüskésbőrűeknek ez a szimmetriája bizony még csak kezdeményében van meg. A fejlődés egyik irányában azonban egyre tökéletesebbé válik s valóban teljesnek látszik. Az ülő életmódot folytató alakból származtak a tengerekben szabadon mozgó tüskésbőrűek akkor, amikor az ötsugaras testfelépítés már világosan kifejezett volt. A szabadon mozgó alakok kezdetben valóban ezt a részarányosságot mutatják, sőt a lassú fejlődési tempójú alakok változatlanul meg is tartották. Azokon a fejlődési vonalakon, ahol gyorsabb ütemben haladt az evolúció, a szabadon mozgó életmódra áttért alakok lassan elvesztik az ötsugaras szimmetriát, s visszaalakulnak kétoldalian részarányossá. Ma még egy fejlődési ág sem jutott annyira, hogy az újra megszerzett kétoldalian részarányos alakon ne lenne meg az ötsugaras szimmetria jól fölismerhető maradványa.

A sokféle alak s az alapjában történő életmódbeli változás természetesen részleteiben is nagy különbségeket eredményezett a tüskésbőrűek birodalmában. Időben nem együtt élt alakok egymás mellé helyezésével készült a 148. ábra, amely a különböző életmódot tünteti föl a tüskésbőrűek között. A nyeles tüskésbőrűek, mint a kezdetlegesebb csoport képviselői, kezdettől fogva helyhezkötött életmódot folytattak. Érdekes jelenség törzsfejlődésükben, hogy legfejlettebb szervezettségű alakkörük, a tengeri liliom, a földtörténeti idők folyamán részben a szabadon való szállíttatás, sőt a teljesen szabadon való lebegés képességét is megszerezte. Ugyancsak a tengeri liliomokkal kapcsolatban figyelhetjük meg azt a már más állatcsoportok (pl. szivacsok, rákok) leírásakor is említett jelenséget, hogy az eredetileg sekélytengeri állatok a földtörténeti idők folyamán nagyobb mélységbe húzódtak vissza. A mélyebb tengerekben kevesebb fény és hőmennyiség áll rendelkezésükre. Kevesebb az élő apró szervezetek mennyisége is, ehelyett emelkedik az elhalt szerves anyag tömege. A víz mozgatottsága is elmarad, úgyhogy a mélytengeri életmód, az ottani környezetnek a sekélytengeritől való eltérése a szervezet jelentős átalakulását hozza magával.

A szabadon mozgó alakok *(Eleutherozoa)* között, mint láttuk, vannak iszapba ásó, sőt sziklába fúródó alakok, de olyanok is, amelyek a vízedényrendszertől biztosí-

tott mozgási lehetőséget kihasználva, ambulakrális lábacskáik segítségével szabadon mozognak a tengerfenéken. Mozgásuk természetesen egyáltalában nem gyors. Megjelölt tengeri csillagokról azonban mégis megállapíthatták, hogy néhány év alatt eredeti lakóhelyüktől mintegy ezer kilométer távolságra költöztek. Valóban kitartó, állandó mozgás kell ilyen hosszú út megtételéhez, ha tekintetbe vesszük a mozgás lassúságát.

Táplálékuk általában apró szerves anyagokból áll. A tengeri uborkák és egyes tengeri sünök kedvelik az iszapos aljzatot. Ezek többnyire iszapfalók. Iszapot jut-



148. ábra. A tüskésbőrűek főbb típusainak életmódja — a = *rögzült életmódú tengeri liliom;* b = *szabadon úszó tengeri liliom;* c = *ősi típusú helyhez kötött nyeles tüskésbőrű;* d = *a bimbókelyhűek kihalt csoportja is rögzült életmódot folytatott;* e = *a legősibb típusú* Edrioasteroideá*k nyél nélkül rögzültek az aljzathoz;* f = *egyes tengeri sünök félig beássák magukat az iszapba, mások viszont* (g) *teljesen;* h = *vannak sziklába fúró tengeri sünök is;* i = *a tengeri uborka oldalán hever;* j = *a tengeri csillag; és* k = *a kígyókarú csillag szájnyílásával lefelé fordulva szabadon mozgó életmódot folytat* (Easton *nyomán)*

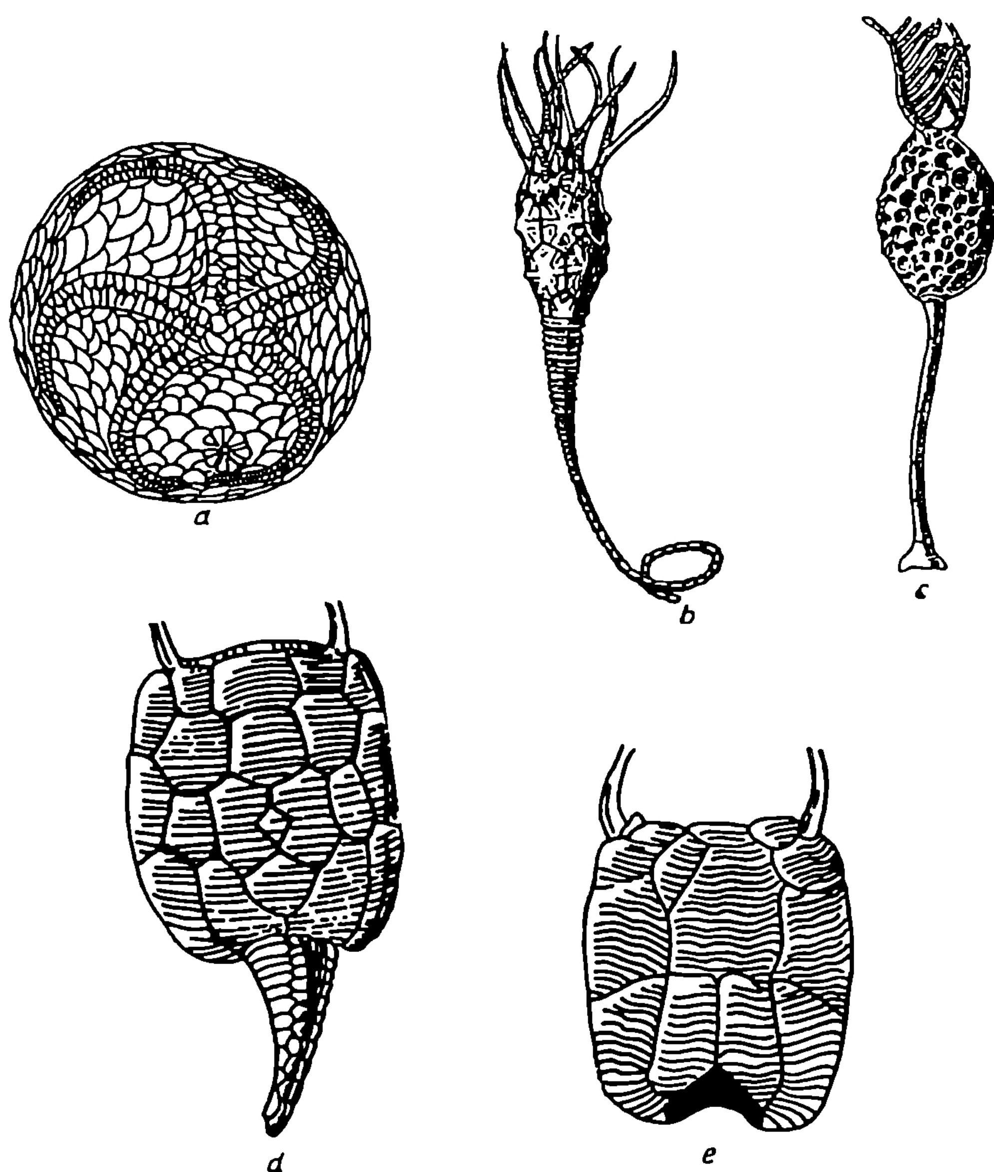
tatnak szájnyílásukon keresztül bélcsatornájukba, amely annak szerves anyag tartalmát hasznosítja, a többit pedig ismét a külvilágba juttatja. A tengeri liliomok és sok más tengeri sün ezzel szemben az erősebb áramlások területét keresi. Ismeretesek a földtörténeti múltból olyan sajátságosan módosult tengeri liliomok is, amelyek egész testfelépítése azt igazolja, hogy az állat aránylag erősen áramló vízben élt. Az ilyen erős áramlásnak az a jelentősége, hogy a vízzel együtt bőségesen jut szerves anyag is szájnyílásába.

Törzsfejlődésükkel kapcsolatban olvastuk, hogy első fosszilisan ismert képviselőik már az alsó kambriumból előkerültek. Az akkor talált típus a karbon közepe tájáig élt, s azt a 24 ismert genust, amelyet ezzel az alsó kambriumi alakkal rokonságba lehet hozni, *Edrioaster*-félék néven szokás összefoglalni *(Edrioasteroidea).*

Már volt szó arról, hogy az *Echinodermatákat* két altörzsre osztjuk: nyeles *(Pelmatozoa)* és nyélnélküli alakokra *(Eleutherozoa)*. Az *Edrioaster*-féléket — bár nyélnélküliek — a *Pelmatozoák* közé sorolják, mert rögzített életmódot folytattak — legalábbis nagy részük.

Az *Edrioaster* amolyan laposra sikerült zsömléhez hasonlítható, átmérője 5 cm, magassága 1 cm körüli. Lapos oldalával az aljzathoz nőtt, domború oldalának közepén volt szájnyílása. Innen 5 kar indult ki, amelyeket a recens példák alapján a vízedényrendszer sugárcsatornái által alkotott ambulakrumokkal azonosítunk. Hátul volt a végbélnyílás (149. ábra, *a*).

Az *Edrioastert* nézegetve el tudnánk képzelni, hogy ősi alakjaként fogható föl



149. ábra. A legősibbnek vélt típus, az Edrioasteroidea *képviselője az* Isorophus (a); *az* Eocrinoidea *osztály képviselője a kambriumi* Macrocystella (b); *a* Paracrinoidea *típust képviseli a középső ordoviciumi* Camarocystites (c); *a* Carpoideák *közé tartozó* Placocystites *(szilur—devon) alsó* (d) *és felső* (e) *oldala* (Easton *és* Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

mind a nyeles tüskésbőrűeknek, mind pedig a nyeletleneknek. Az *Edrioaster*-félék azonban bizonyos mértékig túlspecializáltaknak is tűnnek, s így sokan utódok nélküli oldalágat látnak bennük. Ismét más őséletbúvárok szerint a karok kifejlődése alapján a tengeri csillagokat származtathatjuk le belőlük. A magunk részéről elsősorban azt szeretnénk itt hangsúlyozni, hogy az *Edrioasteroideák* jelennek meg legelőször a földtörténetben a tüskésbőrűek közül s annyi mindenesetre bizonyos róluk, hogy rögzített életmódot folytattak.

A nyeles tüskésbőrűek között sok olyan alakkör is van, amely csak a földtörténeti ókor folyamán élt. Így nyugodtan állíthatjuk, hogy a nyeles tüskésbőrűek virágkora a paleozoikum volt, mert azóta már csak a tengeri liliomok élnek, a nyeles tüskésbőrűeknek ez az egyik osztálya. S múltbeli alakgazdagságukhoz viszonyítva ezek is erősen megfogyatkoztak.

A földtörténeti ókor nyeles tüskésbőrűi nagy változatosságban és tömegben kerültek ugyan elő, de úgy látszik, hogy az eddig ismert típusoknál is sokkal több típusuk élhetett, mert bizony az ősmaradvány-anyagból ismert alakok származástani kapcsolataiban sok hézag van még. Azonban az ismert alakok is olyan nagy változatosságot mutatnak, hogy a legtöbb rendszerező a nyeles tüskésbőrűek altörzsét a már említett *Edrioasteroideákon* és a ma is élő tengeri liliom *(Crinoidea)* típuson kívül még 5, összesen tehát 7 osztályba sorozza. Jól érezzük, hogy valamennyi osztály jellemzését pontosan meg kellene itt adnunk, de ez a jellemzés elsősorban úgyis csak az alaktani bélyegekre szorítkozhatik — anélkül, hogy ebből a származástani viszonyokat biztosan földeríthetnénk. Márpedig itt elsősorban az élet fejlődéstörténetének vázolása a célunk. Annyit azonban mégis meg kell említenünk, hogy a típusok, az osztályok képviselői közötti különbségek a váz részarányosságában, a vázat fölépítő táblák szerkezetében, a nyél kifejlődésében, a pórusok elrendeződésében stb. nyilvánulnak meg. S ebből a szempontból a kombinációk olyan bőségesen fordulnak elő, hogy valóban nehéz kihámozni a fejlődés tulajdonképpeni tengelyét. A sokféle alak azonban mindenhogyan azt a gondolatot erősíti meg bennünk, hogy az újszájúaknak ezek a képviselői is törzsfejlődésükkel messze-messze visszanyúlnak a kambrium előtti időkbe.

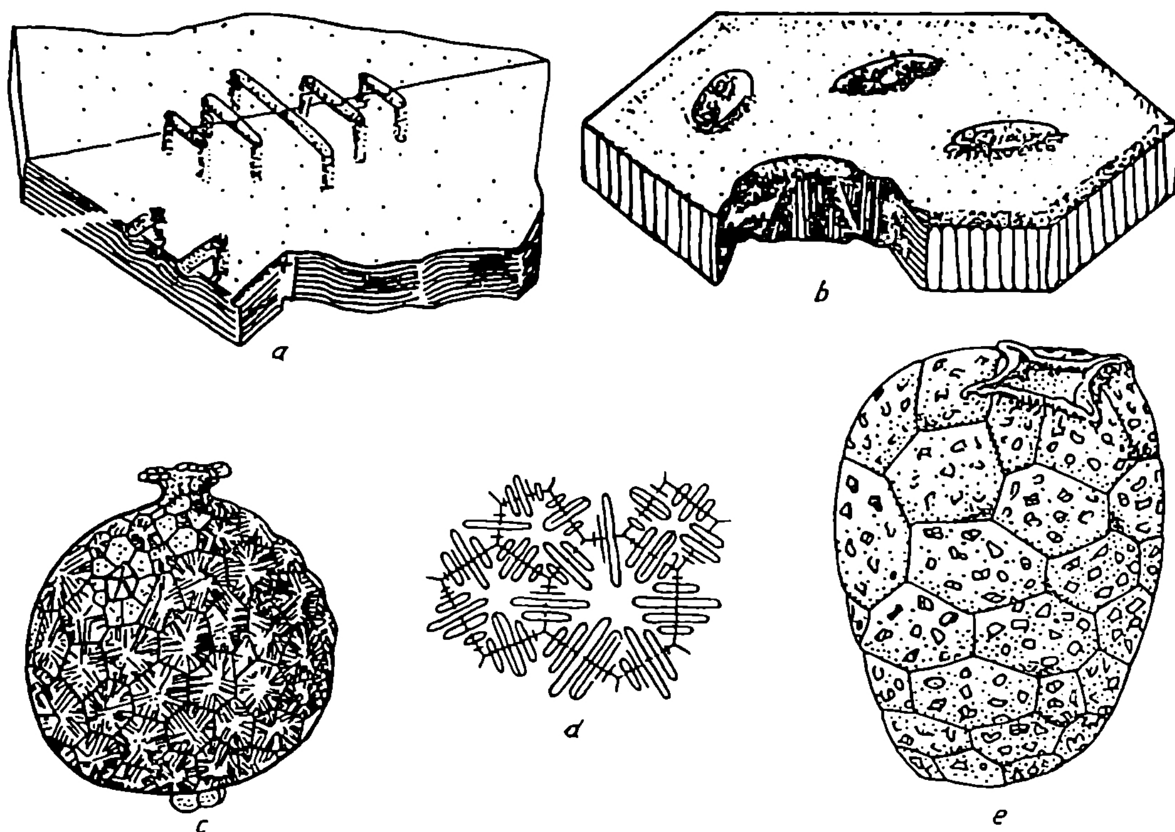
A sokféle osztály közül itt először azt szeretnénk röviden bemutatni, amely már a középső kambriumban eléri a tengeri liliomok sajátosságait: a jól fejlett nyelet, a szabályosan elrendezett táblákból felépített tokot és szabadon mozgó karokat. Az igyekezet ebben az *Eocrinoidea* néven összefoglalt, az ordovicium elejéig élt csoportban nem járt teljes sikerrel (149. ábra, *b*), de kezdetnek mégis jó volt.

A másik a tengeri liliomokra emlékeztető osztály, a *Paracrinoideák* csoportja. Formaszegény alakkör, csak a középső ordoviciumra szorítkozik. Kelyhének fölépítése bizony elég szabálytalan s abban is eltér a valódi tengeri liliomoktól, hogy a kehely tábláit apró nyílások, pórusok törik át (149. ábra, *c*). Mint az *Eocrinoideák*, ezek is rövidesen s utódok nélkül halnak ki.

Hosszabb életű, a középső kambriumtól a devon elejéig fordul elő a *Carpoidea* osztály. Utódjaik ezeknek sincsenek. Egész testszabásukban kiütköznek valahogyan a tüskésbőrűek közül. Nyelük egészen rövid, hirtelen kihegyesedő s kelyhük összenyomott. Az ötsugaras szimmetria hiányzik: kétoldalian részarányosak. Valószínűleg elfeküdve éltek a tengerfenéken. Szájnyílásuk a nyéllel szemben, peremükön található. A két oldal közül egyik rendszerint domborúbb, mint a másik és nagyobb táblákból épül föl. Ezek az állatok általában emlékeztetnek bizonyos mértékig az alacsony fejlődési fokon álló gerinchúrosok egyik-másik képviselőjére (149. ábra, *d*, *e*).

Azután újabb osztály következik: hol gömb, hol körte, hol meg inkább zsák formájú, szabálytalan alakok lépnek föl az ordoviciumban, mindjárt nagy változatosság-

ban jelentkeznek s bár már a szilur elején megfogyatkoznak, mégis kitartanak a devon végéig. A *Cystoideák* ezek. A tüskésbőrű törzsfejlődés ősi, ismeretlen, nyomon nem követhető szakaszából lépnek elő az ordoviciumban. Kétségtelenül a nyeles tüskésbőrűek sorába tartoznak, bár nyelük néha alig-alig alakult ki. Vannak köztük többé-kevésbé szabályosan felépített kelyhű alakok, vannak ötsugaras, de sokszor csak kétoldalian részarányos képviselőik is. A vízedényrendszer nyoma néha világosan fölis-

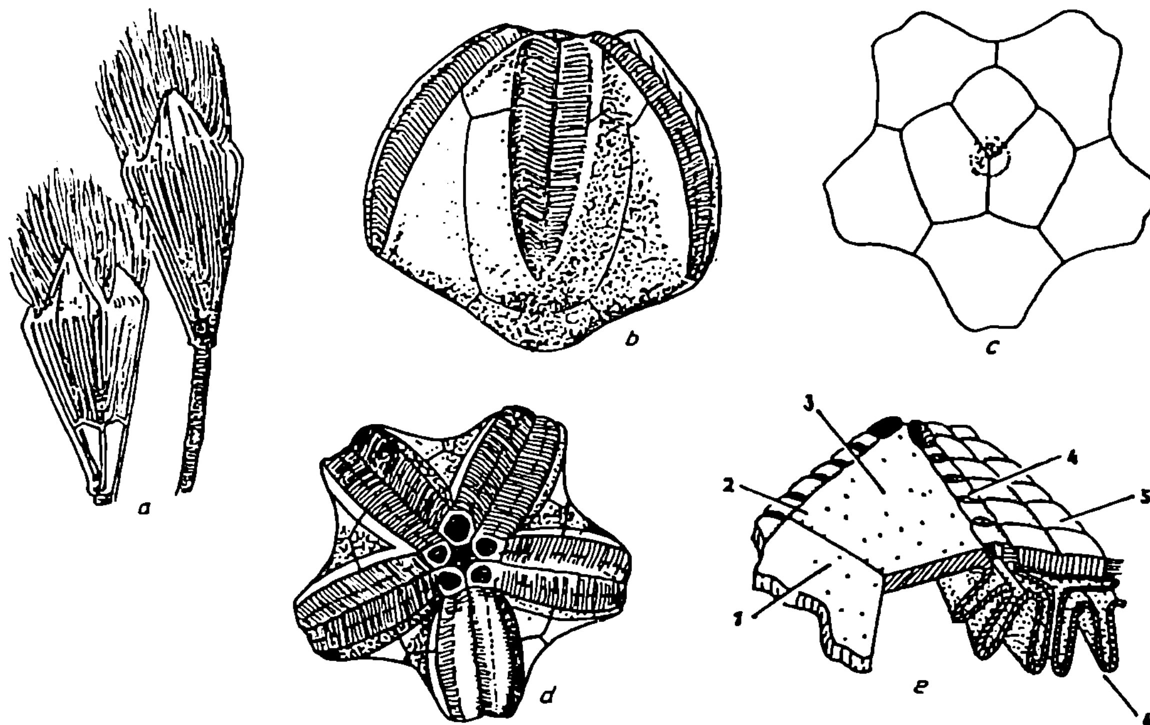


150. ábra. Cystoideák — a = *rombus alakú pórusrendszer vázlata;* b = *párosan előforduló úgynevezett diplopórusok vázlata (ilyenkor a póruspárok közös udvarkában fordulnak elő);* c = Echinosphaerites, *vezérlő* Cystoidea *az ordoviciumban (rombus alakú pórusrendszere van);* d = *e pórusrendszer nagyított képe;* e = *a szilurbeli* Megacystis*nek póruspárjai vannak* (Beerbower, Easton *és* Druzsic *nyomán)*

merhető, néha alig. Nagyon vegyes alkotású csoportként tűnnek elénk. Egy sajátosságban azonban mind megegyeznek: nagyon jellegzetesen fejlett pórusrendszerük van. Ennek a pórusrendszernek kétféle a kifejlődési formája. Az egyikben a pórusok úgy alkotnak rombus alakú mezőket (150. ábra, *a*), hogy a rombus nagyobb átlója egybeesik két szomszédos táblácska határával. A másik esetben pedig mintegy közös kis udvarban, párosával vannak a pórusok (150. ábra, *b*). Ezek együttesét hidropórus rendszernek nevezik s bizony elég sok fejtörést okoz szerepének tisztázása. Vannak ugyanis olyan pórusjáratrészletek, amelyek nem vezetnek a test belsejébe. Egyébként a pórusrendszerről az a felfogás, hogy a nem nagyon tökéletesen fejlett vízedényrendszer működését kiegészítve, szerepe a lélegzés szolgálata volt (150. ábra, *c–e*).

A *Cystoideák*kal kapcsolatosan sok gondolat merült már föl az őslénytanban. Származási kapcsolataik kimutatása nagyon nehéz, és eddig még nem is születtek véglegesen elfogadott tételek. Ezért nem is részletezzük itt tovább az elképzeléseket, de

az egyik érdekes gondolatot megemlítjük. A tengeri sünökön figyelhető meg, hogy a vízedényrendszer sugárcsatornáiból az ambulakrális lábacskák — a tokot fölépítő lemezeken keresztül — két ágban lépnek ki s a lemezeken kívül egyesülnek ismét. Így az ambulakrális lábacskák kilépésének az ambulakrális mező minden táblácskáján egy-egy póruspár felel meg. A felmerült gondolat tehát: vajon nem előfutárai-e a *Cystoideák* páros pórusai, a diploporusok ennek a jelenségnek.



151. ábra. A bimbókelyhűek vagy Blastoideák *egyik legismertebb képviselője a karbonbeli* Pentremites — a = *a kehely rekonstrukciója;* b = *a kehely oldal-,* c = *alul-,* d = *felülnézetben;* e = *a hydrospirális rendszer vázlata* (Easton *és* Beerbower *nyomán)*

Nagyon valószínűtlenül hangzik ez a föltevés, mégis érdekes, mert a fejlődés folyamán sokszor találkozunk azzal a jelenséggel, hogy egymástól távol álló alakkörökben is azonos alaktani jelenségek, mintegy „szabvány építőelemek" jönnek létre.

A bimbókelyhűek vagy *Blastoideák* osztálya valószínűleg a *Cystoideák*ból ágazott ki. Itt jól fejlett nyéllel és nagyon szabályos ötsugaras szimmetriával találkozunk. Első alakjaik már a középső ordoviciumban kialakulnak, de nagyobb alakgazdagságuk csak a devonban kezd kibontakozni. Első és legnagyobb virágzásuk az alsó karbonban van. A felső karbonban megritkulnak, a permben második virágkoruk következik be, de ez után, még a perm vége előtt kipusztulásuk is.

A bimbó alakú kehely 13 táblából épül fel; ezek 3 sorban helyezkednek el. Az alsó sor 3 táblája közül kettő nagy. Úgy tűnik, mintha ez a két nagy tábla 2—2 kisebből forrott volna eggyé s így végeredményben az alsó sor is 5 táblából állna, mint a másik két sor is. Az ambulakrumok pompásan látszanak s valóban semmi további elgondolkoztató nem volna a *Blastoideák*kal kapcsolatban, ha nem alakították volna ki ún. *hydrospirális* rendszerüket. Szépen hajtogatott mészlemezek, amelyek nyilván a *Cystoideák* pórusainak örökségeként alakultak ki. Minden valószínűség szerint ennek is a légzésben volt feladata. Kialakulása az ősmaradvány-anyag alapján aránylag elég világosan nyomon követhető (151. ábra).

A két világháború közti időben Timor szigetének perm időszaki képződményeiben találtak nagy tömegben *Blastoidea* maradványokat, amelyek ennek az osztálynak az alakkörét jelentősen gazdagították. Az egész csoport egyik legismertebb és kétségtelenül egyik legszebb képviselője egyébként a *Pentremites*, az észak-amerikai karbon rétegek gyakori ősmaradványa. *Blastoidea* ősmaradványok eddig csak tengeri képződményekből kerültek elő. Valószínűleg a tiszta és nyugodt víz volt legkedvezőbb életterük. Többnyire magányos korallokkal, néhány mohaállatkával, pörgekarúakkal és tengeri liliomokkal együtt találjuk pompás maradványaikat.

Valamennyi eddig ismertetett nyeles tüskésbőrű típus csak a földtörténet ókorában élt. Egyetlen osztályuk van, mint már a bevezetőben említettük, amely leggazdagabban szintén csak a földtörténeti ókorban virágzott, de azóta is megmaradtak alakjai: ezek a tengeri liliomok *(Crinoidea)*. A földtörténeti ókor több ezer fajához hasonlítva a mai tengeri liliomok alakgazdagsága bizony eléggé szegényesen hat.

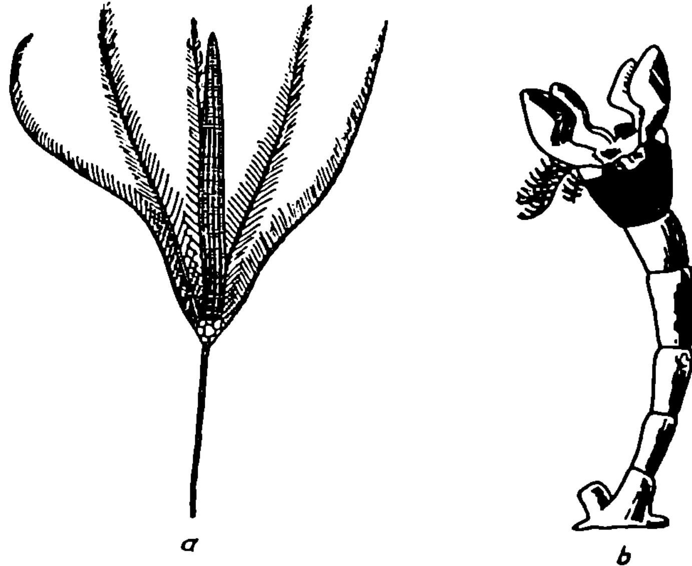
Érdekes ellentét mutatkozik meg a földtörténeti ókor és újkor *Crinoidea* képviselői között abban is, hogy míg a földtörténeti régmúlt alakjai egész életükön át a tengerfenékhez rögzítetten éltek, addig a maiak legnagyobb része csak egyedi fejlődésének rövid kezdeti szakaszában él rögzítetten, később szabadon mászkál a tengerfenéken, vagy szabadon úszkál, esetleg idegen tárgyakra tapadva szállíttatja magát. Azt is meg kell jegyeznünk, hogy — ha a ma még legáltalánosabban elfogadott osztályozás szerint az összes eddig leírt *Crinoideá*t 4 alosztályba soroljuk — három alosztály alakjai korlátozódnak a paleozóikumra, míg a negyedik, ma is élő alosztály csak a triászban lép föl. Kétségtelen, hogy a paleozóikus alakok csaknem mind és a mezozoikus alakok legnagyobb része is a sekély tenger lakója volt. Az elhalt állatok nyéltagjai helyenként nagy mennyiségben halmozódtak föl, s a kísérő fauna, valamint az üledék minősége alapján is arra kell következtetnünk, hogy a felhalmozódás a sekélytengerben történt. Ma viszont az állandóan rögzített alakok már nagyrészt a mélytengerbe húzódtak vissza, és a sekélyvízi faunához inkább azok az alakok tartoznak, amelyek csak fiatal korukban élnek rögzítetten.

Ha alakgazdagság szempontjából ma a tengeri liliomok nem is játszanak nagy szerepet, egyedszám tekintetében igen tekintélyes mennyiségben fordulnak elő. Egy 1882-ből származó adat szerint egy kutatóháló egyetlen fogásával mintegy tízezer *Antedon* példányt hozott felszínre 250—300 m közötti mélységből. A híres Albatros tengerkutató expedíció egy-egy hálóhúzásra szintén tonnaszámra halászott ki szabadon úszó tengeri liliomokat. Sekélyvízi tengeri liliomok ma főleg Délkelet-Ázsia partjai közelében fordulnak elő, míg Európa és Észak-Amerika körül inkább a mélytengeri alakok uralkodnak. Ha a Nápolyi-öböl nem lenne olyan gazdag a sekélyvízi *Antedon*ban, talán nem is lennének a tengeri liliomok olyan jól ismert állatok. Újabb vizsgálatok szerint a ma élő, nyeles alakok 200 és 5000 m közötti mélységekben élnek. A szabadon mozgók sokszor már az apály vonala közelében is megtalálhatók. A hideg tengerekben is előfordul mind a kétféle életmódú alakkör, de azért a szabadon mozgók jobban kedvelik a melegebb vizű tengert. A *Crinoideá*k környezettani viszonyait tárgyaló egyik nagy összefoglaló munkában azt a lemondó megállapítást olvashatjuk, hogy — kevés kivételtől eltekintve — a tengeri liliomok őskörnyezettanára vonatkozó vizsgálatok nem túl sok eredményt szolgáltatnak.

Most vizsgáljuk meg azt a kérdést is, hogyan és honnan alakultak ki a tengeri liliomok. Mint minden előbb emlegetett állatcsoportnál, itt is csak úgy tudunk a kérdésre válaszolni, ha előbb megismerkedünk alaktani sajátosságaikkal. Nyelük, kelyhük és karjaik vannak. De nézzük csak, milyen különbség van mindezek kialakulásában a mély és csöndes vízben élő és az erősen mozgatott hullámveréses övben élő alak között (152. ábra).

A nyél lemezekből, ízekből áll, ezek alakja kerekded, elliptikus, néha ötszögletes, közepükön csatorna húzódik át. Minden nyéltagot minden oldalról élő szövet vesz körül, s ezért lehetséges, hogy a nyéltagok vastagodhassanak, újak iktatódhassanak közbe. S főleg ez az a tény, amely lehetővé teszi a nyél nagyfokú mozgékonyságát.

A kehely csésze alakú, a nyél a csésze domború oldalához kapcsolódik, amely a szájnyílással ellentétes *(aborális)* irány. A nyél másik vége hol gyökérszerűen elágazó, hol kivékonyodó, máskor ismét horgony alakú.

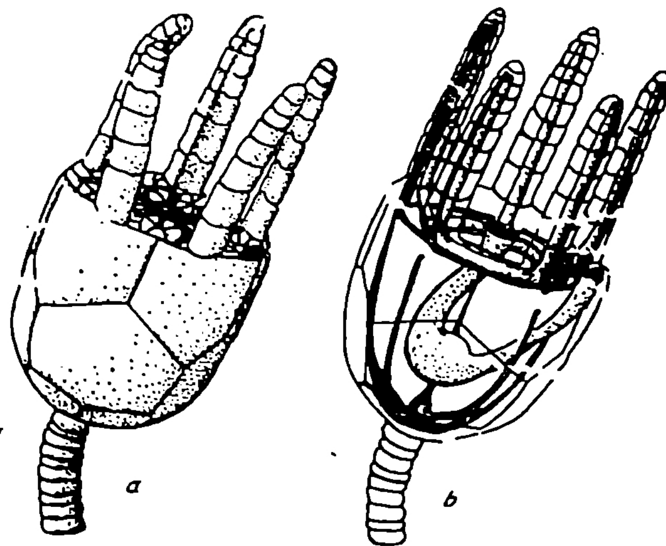


152. ábra. A mélyvízi (a = Rhenocrinus) *és a hullámverésben élő* (b = Eugeniacrinites) *tengeri liliom testszabásában jelentős különbségek vannak* (K. Ehrenberg *nyomán)*

A csésze alakú kehely végeredményben két részből áll. Az alsót egymás fölött következő sorokban elrendezett táblácskák építik föl. Ez a *patina*. A kehely felső része a *tegmen*, nem mindig épül föl táblácskák szorosan zárt csoportjából, néha a fedő csak bőrnemű, máskor ismét a bőrben csak lazán állanak a táblácskák. A tegmen közepén nyílik a szájnyílás, egy sugárközti részben pedig a végbélnyílás és a vízedényrendszer. A végbélnyílás fölé meghosszabbító cső is kerülhet (153. ábra).

A kehely alsó és felső részének határától indulnak ki a karok. Felépítésük egysoros. Feljebb elágazhatnak, néha igen sokszorosan is.

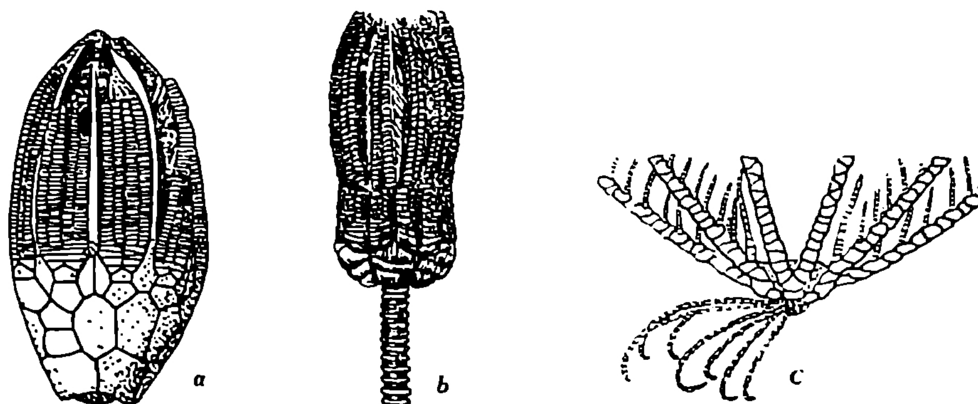
A szájnyílásból befelé vezető bélcsatornát öleli körül a vízedényrendszer körcsatornája s ebből indulnak ki a sugárcsatornák a karokba. A vízedényrendszernek ebből az elrendezéséből világos, hogy a tengeri liliomok karjai nem azonosak azokkal a karszerű szervekkel, amelyek az ősibb jellegű nyeles tüskésbőrűek kelyhéből indulnak ki. Ebből arra kell következtetnünk, hogy a *Cystoideák* és *Eocrinoideák* kelyhének a tengeri liliomok kelyhe és karjai együttesen felelnek meg. Azok a karok *(brachiolák)*, amelyek az ősi



153. ábra. Tengeri liliom felépítésének vázlata — a = *külső*, b = *belső nézet. A külső nézet a nyélhez ízülő kehely táblácska elemeit és a karokat, a belső pedig az emésztőrendszert (pontozva) és a vízedényrendszert (sötét) tünteti fel* (Beerbower *nyomán)*

nyeles tüskésbőrűeknél megvannak, hiányzanak a tengeri liliomoknál, úgyhogy a nyeles tüskésbőrűek e csoportjának származása a brachiolák nélküli ősökből indult. A brachiolák funkcióit a tengeri liliomokon a karok veszik át.

Mindez nagyon valószínűnek és ésszerűnek hangzik, de — sajnos — egyúttal anynyit is jelent, hogy végeredményben mindeddig nem ismerjük a tüskésbőrűeknek azt az ősi típusát, amelyből a tengeri liliomok származása kiindult. Egyébként pedig már ordoviciumbeli föllépésükkor 3 élesen különböző alosztály képviselőiként jelennek meg. Törzsfejlődésük kezdete tehát nagyon régi időkbe nyúlik vissza. A legváltozato-



154. ábra. Tengeri liliomok — a = Eucalyptocrinites *kelyhe a karokkal;* b = *az* Encrinus liliiformis *nyéltagjai helyenként nagymértékben halmozódnak fel és ún. trochitás mészkövet alkotnak;* c = *az* Antedon *nyeléről levált és szabadon úszó életmódot folytat, s a kehely alján kialakult cirrusok segítségével néha úszó tárgyakra rögzülve „szállíttatja" magát* (Easton *és* Zittel *nyomán)*

sabb alakokkal találkozhatunk mindjárt szinte az első ősmaradványok között, amelyek aztán a karbonban érik el virágkorukat, s a perm végével teljesen kipusztulnak. Egyetlen csoportjukról sejthető, hogy típusai a triászban kibontakozott 4. alosztály képviselői. Ezek azután mindmáig kitartottak ugyan, de formagazdagságuk messze elmarad a földtörténeti ókorbeli alakoké mögött.

A tengeri liliomok igen nagy változatossága a különböző életmódokhoz és környezeti hatásokhoz való alkalmazkodásuk roppant sokféle képét mutatja, s így a tengeri élővilágnak egyik legérdekesebb csoportját alkotják.

A mai alakok fejlődése a mélytengeri területek meghódítására és a szabad mozgás visszanyerésére irányul (154. ábra).

Szabadon mozgó tüskésbőrűek

Hallottunk már a puhatestűek tárgyalásakor arról a rendkívül fontos leletről, amelyet a dán Galathea expedíció 1952. évi útján szerzett. „Élő kövületet" hozott föl a kutatóháló több ezer méteres mélységből, s *Lemche,* a kitűnő dán zoológus, ezt az alakot *Neopilina* néven vezette be a tudományba. Olvastuk azt is, hogy a *Neopilina* rengeteg új adatot és szempontot jelentett a puhatestűek törzsfejlődési viszonyainak tisztázása szempontjából.

Nos, a szabadon mozgó tüskésbőrűek *(Eleutherozoa)* törzsfejlődési viszonyainak tisztázásához is igen fontos adatokat szolgáltatott egy újabb „élő kövület". Illetve

— sajnos — *nem élő* kövület. Azért kellett előbbi mondatunkat helyesbíteni, mert a szóban forgó maradvány talán már száz éve a világhírű londoni British Museum egyik leltári tárgya, amelynek jelentősége csak *Fell* új-zélandi zoológus egyik 1962-ben közölt cikke nyomán vált világossá. A maradványt már 1871-ben leírta *Grey*, a *Platasterias lateradiata* nevet adta neki, és a tengeri csillagok közé sorolta. Ez a maradvány is a Mexikó körüli tengerekből került a British Museum gyűjteményébe, de — amennyire a rendelkezésünkre álló rövid híranyagból megállapítható — minden közelebbi helymeghatározás nélkül. *Grey* adatait 1889-ben (a híres *Challenger* kutatóexpedíció munkálataival kapcsolatosan) *Sladen* tanulmányozta, s a *Platasteriast* a tengeri csillagoknak egy másik családjába osztotta. Ezután mindaddig a British Museum gyűjteményében feküdt a maradvány, amíg *Fell* nem kezdett foglalkozni a tengeri csillagok karjainak növekedési törvényszerűségével. S ekkor derült ki, hogy azok a tengeri csillagok, amelyek családjába *Sladen* a *Platasteriast* besorolta *(Luidiidae)*, minden más tengeri csillagtól eltérően, a kígyókarúak törvényszerűségei szerint növesztik karjaikat. A *Platasterias* maradványának egy részét vizsgálva, bonyolult és nehéz preparálás után *Fell* azt is felismerte, hogy ez a maradvány sem a tengeri csillagokhoz, sem a kígyókarúakhoz nem tartozik, hanem olyan jellegei vannak, amelyek alapján az eddig csak az ordoviciumból ismert *Somasteroideák* sorába kell helyezni! Ezért mondjuk a *Platasterias lateradiatát* is élő kövületnek, mert hiszen általánosan vallott nézet szerint a *Somasteroideák* csak az ordoviciumban éltek, s már az ordovicium vége előtt ki is pusztultak. Most pedig látjuk, hogy még mindig élnek képviselőik, s talán valamelyik legközelebbi kutatóexpedíció ismét számos példánnyal fogja gazdagítani a tudományt, és hozzájárul majd ahhoz, hogy a tüskésbőrűek vagy legalábbis a szabadon mozgók ismeretét újabb adatokkal egészíthessék ki.

Bevalljuk, hogy *Fell* tanulmánya nagyon föllelkesített bennünket, mert éppen arról győzött meg, hogy a további tudományos kutatás még nagyon-nagyon sok olyan új eredményt érhet el, amely nagymértékben segít tisztázni majd az állatvilág törzsfejlődésének történetét. Ez az eset igazolja, hogy nemcsak újonnan, esetleg több ezer méteres tengermélységből előkerült alakok alapján juthatunk nagyon lényeges, eddigi tudásunkat elvi vonatkozásban is kiegészítő ismeretekhez, hanem az évtizedek, sőt évszázadok során gyűjtött múzeumi anyagok újravizsgálatával is.

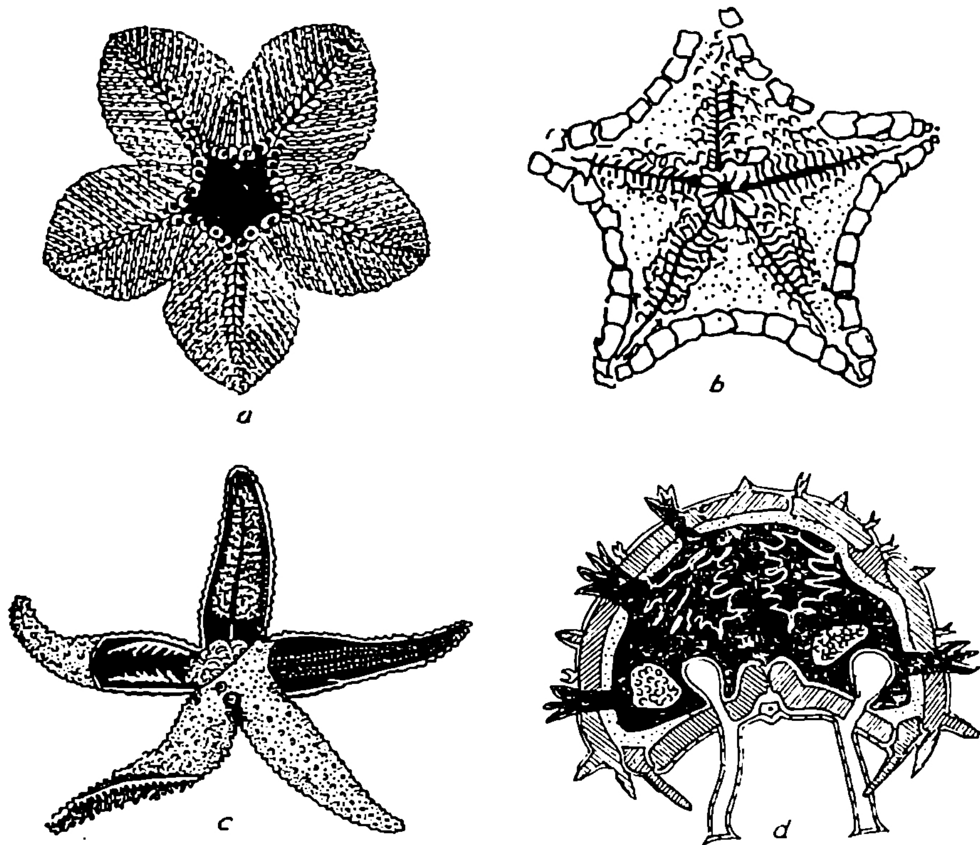
Szóltunk az előbb a *Somasteroideákról*. Vizsgáljuk meg, hogy e nehezen kimondható latin névnek milyen tartalma van.

A szabadon mozgó, nyél nélküli tüskésbőrűekről, az *Eleutherozoákról* már hallottuk, hogy ezeket a tüskésbőrűek *(Echinodermata)* egyik altörzsének tekintjük. Ennek ismét három osztályát szoktuk megkülönböztetni: a tengeri uborkákat *(Holothurioidea)*, a csillagállatokat *(Stelleroidea)* és a tengeri sünöket *(Echinoidea)*. A *Somasteroideákat* a csillagállatok egyik alosztályának tekintjük. A csillagállatok további alosztályai még a tengeri csillagok *(Asteroidea)* és a kígyókarúak *(Ophiuroidea)*. Vannak kutatók, akik a kígyókarúakat önálló osztálynak tekintik, s származástanilag közelebbi rokonaiknak tartják a tengeri sünöket, mint a tengeri csillagokat.

A *Somasteroideák* többnyire olyan alakoknak számítanak, amelyek a nyeles tüskésbőrűektől származtak, és mintegy az egész *Eleutherozoa* altörzs kiindulási csoportját képviselik. Másrészt azonban olyan elképzelések is vannak, hogy a tengeri sünök nem származtathatók a *Somasteroideáktól*, hanem ősibb, még nyeles tüskésbőrűekre vezethetők vissza. Ugyanígy a tengeri uborkákat is közvetlenül a nyeles tüskésbőrűekből származtatják. Abban általában mind megegyeznek a nézetek, hogy a tengeri csillagok a *Somasteroideák* leszármazottai, de már a kígyókarúakról azt állapították meg, hogy vagy a *Somasteroideákból*, vagy pedig abból az ágból fejlődtek ki, amely a nyeles tüskésbőrűektől a tengeri sünök felé vezet.

A kétféle nézet közül az egyik pusztán az ősmaradvány-anyag, a másik pedig csak a ma is élő alakok alapján jött létre. A zoológusok ugyanis a lárva vizsgálatához is hozzájuthatnak (a felnőtt állat lágy részein kívül), s így a lárva állapot figyelembevételével vonják le következtetéseiket.

Ismerkedjünk meg mi is kissé a szabadon mozgó tüskésbőrűek főbb típusaival. Kezdjük először azzal az ősi, *Somasteroidea* néven összefoglalt típussal, amelyről a legközelebbi múltig az volt a föltevés, hogy már a devon legelején kihalt. Vázuk



155. ábra. A Somasteroidák *képviselője a* Villebrunaster (a) *franciaországi alsó ordoviciumi rétegekből;* b = *szentmargitai* Pentagonaster milleri *tengeri csillag;* c = *a ma élő* Asterias, *részben felnyitott karokkal;* d = Asteroidea *kar keresztmetszete (alul középen halad az ambulakrális csatorna, a kart fölépítő lemezek külső oldalán, ebből jut két oldalra a víz a fehérszínű ambulakrális lábacskákba, amelyeknek a vázon belül eső része az ampulla)* (Ehrenberg, Telegdi—Roth *és* Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

ötszögletes; külön karokról itt még nem beszélhetünk. De voltak váltakozó sorokban elhelyezkedett ambulakrális táblácskáik. A felső oldalon ferdén futó, léc alakú táblákat figyelhetünk meg; ezeket ***virgalium***nak hívják. A sugárcsatornák mély barázdában fekszenek az ambulakrális mező közepén. A további törzsfejlődés során a virgaliumok helyett peremi táblácskák, ***marginalidk*** alakulnak ki, amilyeneket csupán a valódi tengeri csillagok egyes alakjain látunk (155. ábra, *a*).

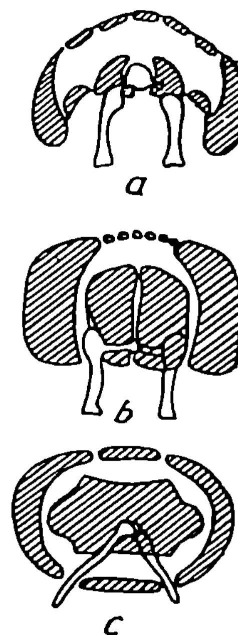
A valódi tengeri csillagok — mint föntebb már olvastuk — a kutatók általánosan elfogadott megállapítása szerint a *Somasteroideá*kból származtathatók. A valódi tengeri csillagok *(Asteroidea)* központi korongjából fokozatosan keskenyedő 5 kar indul ki. A karok száma néha az 5-nek a többszöröse is lehet. Ez valamennyiük közös

sajátsága. De ezzel ellentétben vannak eltérő jellegeik is. Egyes tengeri csillagoknak nincs madrepora lemeze, másoknak — a „normális"-tól eltérően — a szájnyílása oldalán van, míg a legtöbbön a szájnyílással ellentétes oldalon található. A testet védő lemezek nem függenek össze egymással szorosan, éppen ezért az állat halála után többnyire széthullanak, s így az *Asteroideák* maradványai aránylag ritkák. Sokféleségük abban is megmutatkozik, hogy egyeseken nagy peremi táblácskákat (*marginaliákat*), másokon meg csak kicsinyeket találunk. Általában a karok táblácskái a törzsfejlődés folyamán kisebbekké válnak, ami valószínűleg nagyobb mozgékonyságot biztosít a karoknak. Különben a zoológusok a lágy testben is jelentős eltéréseket figyelhettek meg, s bizony a tengeri csillagok nagyon sok érdekességet jelentenek számukra. Miután ősmaradványokként aránylag ritkák, egy-egy jobb megtartású, teljesebb alakjuk valósággal világhírnévre tesz szert. Így pl. a Szentmargitáról előkerült *Pentagonaster mülleri* (155. ábra, *b*) a híres bécsi őséletbúvár, *Abel* tankönyvében is szerepel. Ennek karjai nem válnak el a központi korongtól, míg más alakoké (155. ábra, *c*) világosan elkülönülnek. A karok fölépítése eléggé bonyolult és jellegzetes (155. ábra, *d*).

A *Somasteroideákat* és az *Asteroideákat* egy harmadik csoporttal, a kígyókarú tengeri csillagokkal vagy röviden kígyókarúakkal (*Ophiuroidea*) együttesen szoktuk az *Eleutherozoák* *Asterozoa* (csillagállatok) osztályában egyesíteni. Miután az első két csoporttal megismerkedtünk, vessünk egy pillantást a kígyókarúakra is. Származásukról már hallottuk, hogy vagy a *Somasteroideákra* vezethetők vissza, vagy pedig közvetlenül a nyeles tüskésbőrű ősökre. Az előbbit fogadják el általánosabban, és azt mondják, hogy a kígyókarúak a valódi tengeri csillagokéval ellenkező irányban történt fejlődéssel alakultak ki. A kígyókarúakon jól megkülönböztethető központi korong van, amelyből a „kígyókarok" kiindulnak. A vékony karok kígyózó mozgása egészen elüt a tengeri csillagok mászó mozgásától. A karok kígyózó mozgása a fiatal egyedeket még úszásra is képessé teszi.

A test központi korongjának szájnyílással ellentétes (*aborális*) oldalán csak apró kis mésztestecskék vannak. Nyílást sem találunk ezen az oldalon, mert a kígyókarúaknak nincs végbélnyílása, a madrepora lemez pedig az alsó oldalon van — ott, ahol a szájnyílást is találjuk (*orális* oldal). A szájnyílás az alsó oldal központjában helyezkedik el.

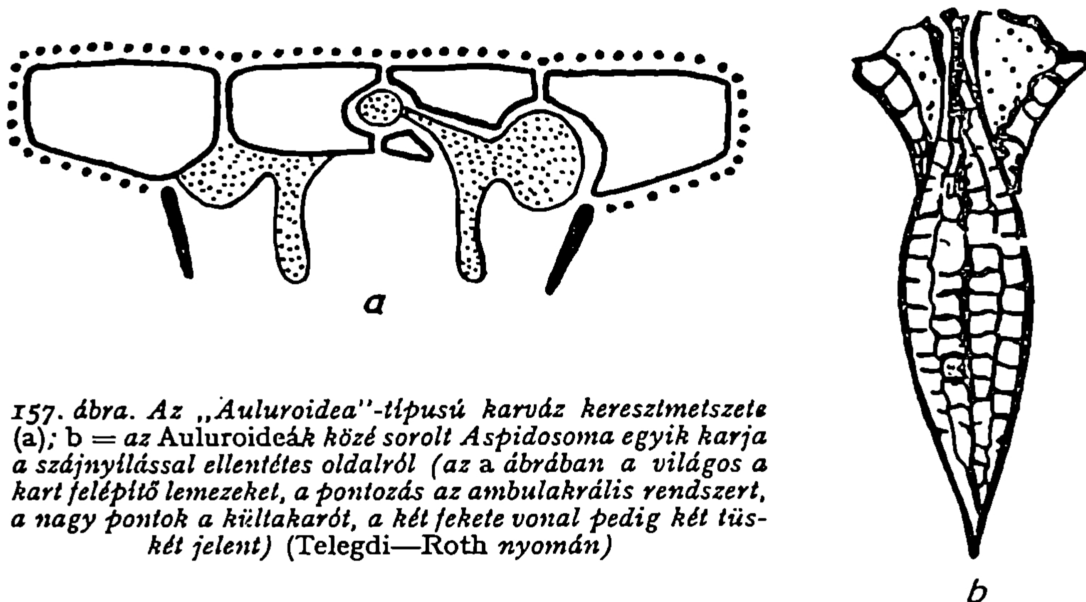
Nagyon érdekes megfigyelni a karok táblácskáinak törzsfejlődési egymásutánját. Kezdetben kisebb lemezek veszik körül a sugárcsatornát, s ezt csak részben borítják be. Az ambulakrális lábacskák ampullákkal kapcsolatosak. A következő stádiumban az ampullák még megvannak, a karok táblácskái részben megnagyobbodnak, s belül nagy lemezek teljesen körülveszik a sugárcsatornát. Végül a törzsfejlődés legmagasabb fokán négy külső lemez alkotja a vázat, belül pedig egységes „csigolyává" forrt vázdarabok találhatók. Vagy ezekben mint alagútban halad a sugárcsatorna, vagy pedig ezek alsó — szájnyílási —



156. ábra. A kígyókarú csillagok karjának módosulása a törzsfejlődés folyamán — a = *ősi állapotban a sugárcsatorna a kar aljának közepén még nem teljesen körülzárt, s az ambulakrális lábacskáknak ampullái vannak;* b = *később a sugárcsatornát páros ambulakrális lemezek ölelik körül. (Ezek oldalsó üregeiben helyezkednek el az ambulakrális lábacskák ampullái);* c = *a legfejlettebb állapotban a sugárcsatorna a „csigolya" közepén halad végig, s az ambulakrális lábacskáknak már nincs ampullája* (Beerbower *nyomán*)

oldalán van a csatorna számára bevágás (156. ábra). Az egyes „csigolyák" mozgékonyan ízesülnek egymással, s biztosítják a karok kígyózó mozgását. Az ambulakrális lábaknak ezeken az alakokon már nincs ampullája, s maguk az ambulakrális lábak sem mozgásszervek többé, hanem érzékszervek.

Sőt, ha még egy lépéssel visszatekintünk az első stádium elé, azt látjuk, hogy a karok „ízenként" 4 táblából állanak. A középső kettő öleli körül a sugárcsatornát, amelyből — természetesen ott is ampullával — a lábacska kiindul. Ezt a típust, a karnak ilyen természetű alkotását egyesek külön osztályra jellemzőnek találják:



157. ábra. Az „Auluroidea"-típusú karváz keresztmetszete (a); b = *az* Auluroideá*k közé sorolt Aspidosoma egyik karja a szájnyílással ellentétes oldalról (az* a *ábrában a világos a kart felépítő lemezeket, a pontozás az ambulakrális rendszert, a nagy pontok a kültakarót, a két fekete vonal pedig két tüskét jelent)* (Telegdi—Roth *nyomán)*

Auluroidea. Az *Auluroideák* egyéb jellegükben leginkább a kígyókarúakkal egyeznek meg, néhány alakjuk pedig jobbára a tengeri csillagokhoz hasonlít. Így az *Auluroidea* néven összefoglalt osztály származástani egységét sokan kétségbevonják, s a karváz kialakulásának ezeken látható módját egyszerűen ősi jellegűnek veszik, s nem választják el ezt a típust külön osztályként (157. ábra).

A kígyókarúak gyakrabban ássák be magukat a tengerfenék iszapjába, mint a tengeri csillagok. Ezért aztán maradványaik is valamivel gyakoribbak emezekénél. Persze, arról egyik osztály esetében sem lehet szó, hogy sok maradványukkal számolhassunk, hiszen a fosszilizáció lehetősége már eleve igen csekély. Újabban néhány kutató iszapolási anyagban is felismerni vélte tengeri csillagok és kígyókarúak egyes apró táblácskáit. De bizony ezek is a ritka maradványok közé tartoznak.

Amikor a nyeletlen tüskésbőrűek származási viszonyait említettük, utaltunk már arra, hogy egyes nézetek szerint a kígyókarúak és a tengeri sünök között igen közeli rokoni kapcsolatok vannak. Ezt a szoros kapcsolatot elsősorban a zoológusok hangoztatják, s feltevésüket a kígyókarúak és a tengeri sünök lárváinak nagyfokú hasonlóságára alapozzák.

Az ősmaradvány-anyag alapján ez a feltevés nem nagyon látszik valószínűnek. Ugyanis csaknem teljesen azonos a két csoport földtörténeti megjelenésének ideje. De van egy másik meggondolásra késztető tény is, ami amellett igen érdekes is. Gondoljunk csak arra, hogy a csillagállatok mennyire tökéletesen tükrözik — legalábbis nagy vonásokban — a sugaras részarányosságot: pedig szabadon mozgó életmódra tértek vissza a nyilván rögzített életmódú nyeles tüskésbőrűekből kiindult

származásuk folyamán. Ezzel szemben a tengeri sünök, amelyek ugyancsak részarányos és rögzített életmódot folytató alakokból származtathatók és törzsfejlődésük kezdetén még meg is őrizték a sugaras részarányosságot, később kétoldalian szimmetrikusakká váltak. A törzsfejlődés vonala tehát erősen elüt egymástól a két csoportban: ellentétes irányú!

A tengeri sünöknek *(Echinoidea)* nincsenek karjaik. A vázelemek zárt tokot alkotnak, amelynek táblácskái a törzsfejlődés legelején néhány alaknál mozgathatóan kapcsolódtak, egyébként azonban szorosan, nem mozgathatóan ízesülnek egymással.

Az egyedi fejlődés folyamán a táblácskák a szájnyílással ellentétes *(aborális)* oldalon kezdenek kialakulni. Ezt az oldalt a magyar szaknyelv *felzet*nek is nevezi. Ennek középpontjában foglal helyet a végbél kilépésére szolgáló nyílás, a *periproct*, persze csak az ősibb jellegű, a sugaras szimmetriát még megőrzött alakokon. Itt a végbélnyílást két körben elrendezett táblácskák veszik körül. A belső kör öt táblácskája az ambulakrális sugarak közötti mezők, az interambulakrumok tengelyében fekszik. Négy közülük az ivartermékek kivezetésére szolgál, míg az ötödik a vízedényrendszer lemeze, a *madrepora lemez* vagy *madreporit.* Ezen a szitaszerűen áttört lemezen keresztül jut be a víz a vízedényrendszerbe. A külső kör lemezei ambulakrálisan fekszenek, azaz az ambulakrális mezők tengelyében. Ezeket a belső kör genitális táblácskáival szemben *ocelláris táblácskák*nak nevezzük, mert ezeken fényérző szervek találhatók. A tengeri sünöknél ezektől indul fejlődésnek, mintegy délkörök mentén az ambulakrumok és interambulakrumok mezőinek táblácskasora az „alzat"-on (az állat alsó része) található szájnyílás irányában. Így többé-kevésbé gömbölyded alakú váz jön létre. A táblácska-sorok száma a törzsfejlődés korai szakaszában még nem egységes, később azonban állandóvá válik, akkor minden ambulakrális és minden interambulakrális mezőt egyaránt 2—2 táblácska-sor épít föl. Az egész váz tehát, minthogy 5 ambulakrális és 5 interambulakrális mező van, összesen 20 táblácska-sorból áll. Az ősi alakokon mind az ambulakrális mezőket, mind az interambulakrumokat rendszerint jóval több táblácska-sor építi föl. A táblácskasorok száma szerint szokták a tengeri sünök *(Echinoidea)* osztályát két alosztályra osztani: *Palechinoidea* és *Euechinoidea.*

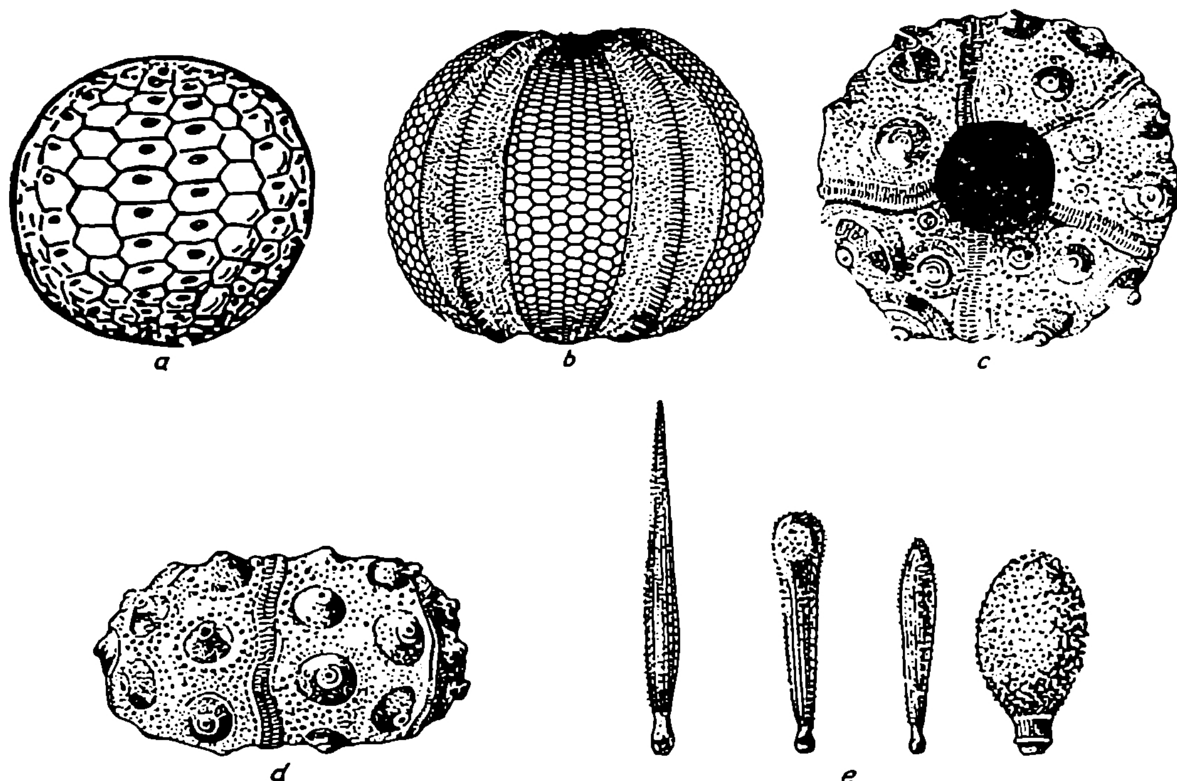
A *Palechinoideá*kban a délkörök szerint elrendezett táblácska-sorok száma mindig több, mint 20. Kivétel csak a *Bothriocidaris*, amelynek interambulakrális mezőit csak 1—1 táblácskasor alkotja, és így egész vázában csak 15 táblácska-sor figyelhető meg. Ezt az ordoviciumban gyakori alakot tehát külön is meg kell vizsgálnunk. Vele egy időben már éltek olyan tengeri sünök, amelyeknek rendszertani helyéhez nem férhet kétség. A *Bothriocidaris* sajátságos fölépítése ezért újabban a szakembereket arra a gondolatra vezette, hogy ebben az alakban a tüskésbőrűek törzsfejlődésének valahol vakon végződő ágát lássák, amely talán még leginkább a kezdetleges állapotú nyeles tüskésbőrűek valamely csoportjával hozható kapcsolatba (158. ábra, *a*).

Az ősi szabású tengeri sünök sorából mindjárt itt említjük meg a jellegzetes alakú és immár minden kétséget kizáróan a valóságos tengeri sünök közé tartozó *Melonechinus*t (158. ábra, *b*). Ez a sárgadinnyére emlékeztető kis tengeri sün a karbon-időszak folyamán élt. Vastag váza igen jellemző. A *Melonechinus* rokonságában a törzsfejlődés iránya az ambulakrális sorok számának növekedése felé tart. Ebből a szempontból jelent érdekes formát ez az alak.

A szabályos és már pontosan 20 táblácska-sorból alkotott házú alakok egyik legszebb képviselője a *Cidaris* (158. ábra, *c-d*). Ebben az ambulakrumok két táblácskasora keskeny szalag alakjában jelentkezik, míg az interambulakrumok táblácskái nagyok és díszesek. Bütykök találhatók rajtuk, s ezekhez ízesülnek külön izmok

segítségével a sokszor igen változatos alakú tüskék (158. ábra, *e*). A nagy, sokszor 10 cm-es hosszúságot is elérő tüskék az állat helyváltoztatásában és védelmében játszanak szerepet. Keresztmetszetük csodálatosan szép finom szerkezetű. Vannak azután kisebb tüskéik is. Ezek részben a nagy tüskék tövében úgy helyezkednek el, hogy azok izomszalagjait védjék, részben az egész felületet beborítják.

Ismeretesek igen apró, módosult tüskék is, — ezeket pedicellariáknak nevezzük



158. ábra. A bizonytalan rendszertani helyzetű Bothriocidaris *vázát* (a) *csak 15 táblácskasor építi föl;* b = *a* Melonechinus *váza dinnyére emlékeztet;* Cidaris *a szájnyílás felőli* (c) *és oldalnézetből* (d); e = *különböző* Cidaris *tüskék* (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

(159. ábra, *a-b*). Apró, kis módosult tüskék, amelyek sokszor méregmirigyekkel is kapcsolatosak. Míg a nagyobb tüskék meggátolják, hogy a vázra más, nagyobb élőlények telepedhessenek s így az állat életfunkcióit veszélyeztessék, addig a pedicellariák az apróbb organizmusokkal szemben védik a tengeri sünt. Megakadályozzák, hogy lárvák a váz felületén megtelepedhessenek, de ugyanúgy azt is, hogy az apró szerves, rothadó törmelék a tüskék közé, a váz felületére kerülhessen. Ezért a pedicellariákat a mohaállatkák aviculariáival szokták összehasonlítani. A pedicellariák feladatai közé tartozik a madreporalemez környékének tisztántartása is. A szabályos tengeri sünök végbélnyílása ugyanis a „felzet" középpontjában található s közelében van a madreporalemez is, amely a víznek az ambulakrális rendszerbe való bejutását teszi lehetővé. A pedicellariák feladata, hogy a végbélnyíláson kikerülő ürülék apró részecskéit a madreporalemez közeléből eltávolítsák. *Agassiz* már a múlt században hosszas megfigyeléseket végzett e téren, s azt írja, hogy egyenesen csodálatos az az ügyesség és rendszeresség, amellyel a pedicellariák ezt a munkát végzik.

Az ambulakrális táblácskák tüskéi általában kisebbek, mint az interambulak-

rálisoké. Ezek között találunk olyanokat is, amelyek mintegy fedőként védik az ambulakrális lábacskákat. Ez utóbbiak ugyanis csak az ambulakrális táblácskák pórusain keresztül léphetnek a külvilágba.

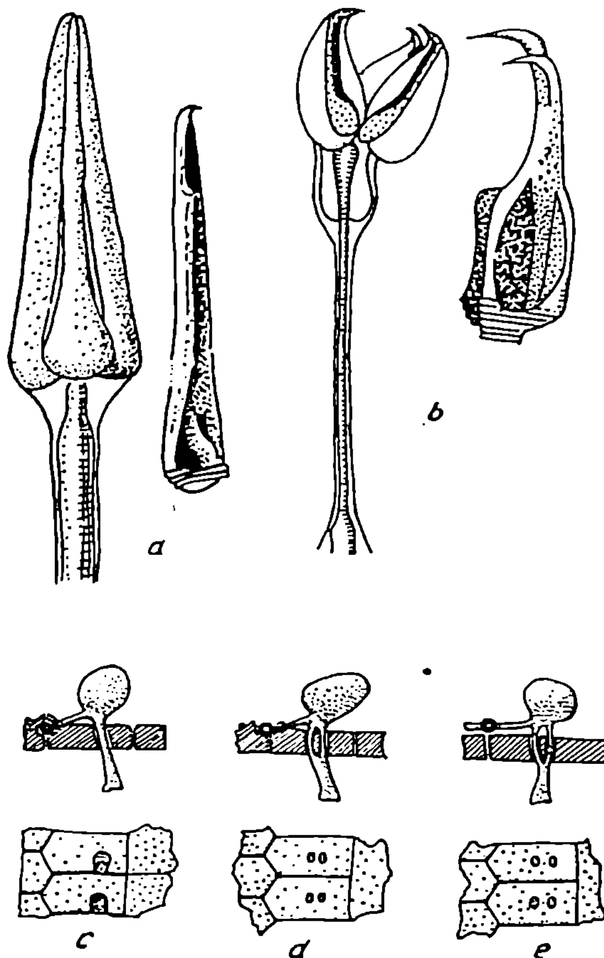
Az ambulakrális táblácskákon ugyanis mindig felismerhetők azok a nyílások, pórusok, amelyeken keresztül az ambulakrális sugárcsatornából kiinduló ambulakrális lábacskák kilépnek. A tengeri sünök sugárcsatornái és lábai helyzetének változása a törzsfejlődés folyamán jól nyomon követhető.

A rögzített életmódú tüskésbőrűek sugárcsatornái külső lefutásúak. A tengeri sünök ordoviciumi alakjain mintegy átmeneti állapotot figyelhetünk meg. A sugárcsatorna mint a nyeles tüskésbőrűeken, még ezeken is árokban fekszik, de kívülről már föléje nőttek az ambulakrális táblácskák, úgyhogy maga a sugárcsatorna a váz belső oldalára került. A törzsfejlődés további folyamán először a táblácskák belső peremei redukálódnak, majd egészen visszafejlődnek, eltűnnek. Így a sugárcsatorna először belső vályúban halad, később pedig, a peremek teljes eltűnése után szabadon.

A sugárcsatornából kiágazás vezet az ampullához, amelyből a víz az ambulakrális lábacskába jut. A legősibb alakokon a lábacskák még egy póruson keresztül jutnak a test felületére, de a fejlődés további menetében az ampullából két ág indul ki, két póruson keresztül, s a két ág csak a táblácska külső felületén egyesül az ambulakrális lábban (159. ábra, *c-d-e*).

A *Cidaris* esetében természetesen már ezt az utolsó állapotot figyelhetjük meg.

Ugyancsak *Cidaris*unkat használjuk föl arra is, hogy a tengeri sün szerveinek elhelyezkedéséről általános képet szerezzünk magunknak (160. ábra).

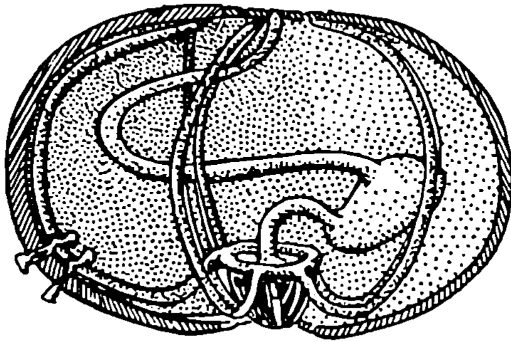


159. ábra. a = *háromrészes, és* b = *kétállkapcsos pedicellaria, — mindkét rajzon egy-egy részletet külön is bemutatunk;* c = *az ősi jellegű tengeri sün sugárcsatornája a táblácska belső oldalán helyezkedik el, s mintegy alagútban halad, az ambulakrális lábacska pedig egy póruson át lép ki;* d = *a csatornát belülről már csak csökevényes perem veszi körül, az ambulakrális lábacska ket póruson át lép ki;* e = *a vázon belül a sugárcsatorna már nem fekszik vályúban* (Beerbower *nyomán)*

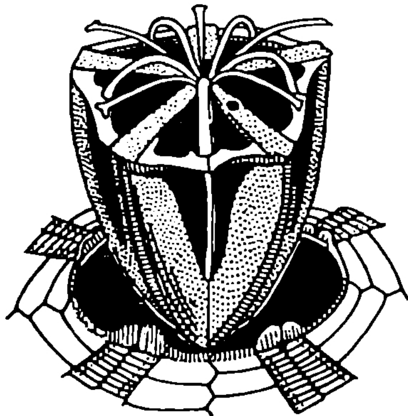
Az „alzat" középpontjában van a szájnyílás. Ennek belső oldalán találjuk a tengeri sünök rágókészülékét. Alakjában hasonlít valami lámpához s miután ezt a rágókészüléket már *Aristoteles* is leírta, *Aristoteles lámpásá*nak nevezik (161. ábra). Meglehetősen egyedülálló a maga nemében, és nemigen hasonlítható össze semmiféle más állattípus rágószervével. A bonyolult készülék mintegy 40 különböző részből

áll, s ezt a sok részt több, mint 60 izom mozgatja. Az ötsugaras részarányosság azonban az Aristoteles lámpásán is jól fölismerhető.

A rágókészülék izmainak részbeni tapadási helyeiül a váz szájnyílásának belső peremén rágószerv körüli gyűrű is kialakul. Ennek az ambulakrális mezőkben kis fülecskéi is vannak, azaz a gyűrű felszínéből erősebben kiemelkedő lemezrészek. A *Cidaris*nak ugyan nincsenek ilyen fülecskéi, de a többi szabályos sünben mindig megtalálhatók.



160. ábra. A Cidaris *belső szervezete — az emésztőrendszerrel, a vízedényrendszerrel, 2 ambulakrális lábacskával, és a rágószervvel* (Beerbower *nyomán)*



161. ábra. Aristoteles *lámpásának nevezik a tengeri sünök sok mészlemezből összetett rágókészülékét* (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

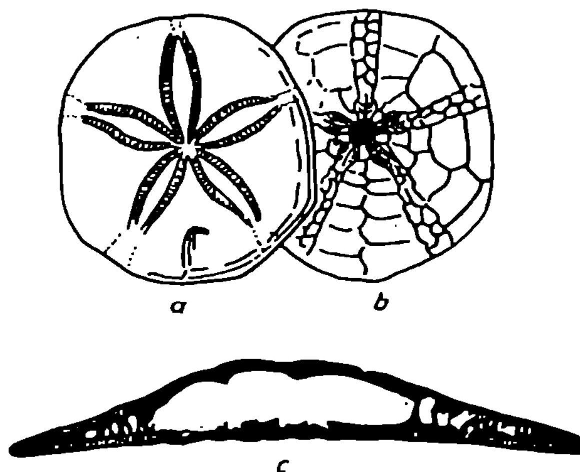
Rágószerv persze csak abban az esetben lehetséges ilyen elrendezésben, ha a rágószerv az „alzat" közepén helyezkedhetik el. Csakhogy a törzsfejlődés folyamán ezen a vonalon a tengeri sünök jelentősen megváltoznak. A szabadon mozgó életmódra való áttérés behatásának tulajdonítjuk, hogy a tengeri sünök egyik csoportja elveszti ötsugaras részarányosságát és kétoldalian szimmetrikussá válik. Ilyenkor a szájnyílás is elmozdul központi helyzetéből, és ennek következményeként elveszti Aristoteles lámpását is. A legősibb alakokon még nem alakult ki s csak a tökéletes szimmetria létrejöttekor jelenik meg az ősi, egyszerű állkapocsból az ötsugaras szimmetriájú rágókészülék, hogy azután a testalak részarányosságának változásával ismét eltűnjék. Ebben a példában egy szerv törzsfejlődési változásainak egymásutánját nagyszerűen látjuk magunk előtt, annál is inkább, mert itt csak nagyvonásokban vázoltuk a rágószerv változásait, azonban a részletek — amelyek ismertetése itt túl messzire vezetne — a maguk aprólékosságában még világosabban és érdekesebben szemléltetik az egész folyamatot.

Az említett *Cidaris* vázát, mint láttuk, 20 táblácska-sor építi föl. Így ez az alak a tengeri sünöknek *Euechinoidea* alosztályába tartozik már. Tudjuk, hogy vannak *Palechinoideák* is, amelyeken a táblácska-sorok száma 20-nál több, ill. egy típusnál 20-nál kevesebb. Az *Euechinoideák*at részarányosságuk szerint a szabályos *(Regulares)* és szabálytalan *(Irregulares)* tengeri sünök rendjére osztjuk föl. A *Cidaris* pompás váza nagyon szépen tükrözi az ötsugaras szimmetriát, s így ez a nemzetség, természetesen, a szabályos tengeri sünök közé tartozik.

A határ a szabályos és szabálytalan tengeri sünök között nem nagyon éles. Az élővilág rendszerezésében sokszor kell kissé önkényesen megvonni a határokat, egyszerűen megállapodásszerű elhatárolásokat eszközölni. Hiszen tudjuk, hogy a törzsfejlődés folyamán az átalakulás, az új típus megjelenése sokszor úgy történik, hogy csak egy vagy néhány szervben következnek be változások. A különböző szervek fejlődési irama különböző lehet. Így a szabálytalanság kezdetéül a tengeri sünök

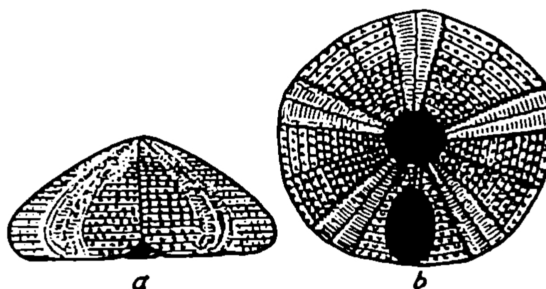
törzsfejlődésében a végbélnyílásnak a „felzet" középpontjából a hátulsó interambulakrális mezőbe való elmozdulását tekintjük, függetlenül az elmozdulás mértékétől, amely igen különböző lehet. Ha a szabálytalan típusú sünök kialakulásakor a középpontból való kimozdulás még nagyon kicsi is, a törzsfejlődés folyamán — amint erről már volt is szó — annyira mehet, hogy a végbélnyílás is az „alzat" oldalára kerülhet.

A végbélnyílás áthelyeződésével megindul az ötsugaras szimmetria átalakulása kétoldalivá. A kétoldalian részarányos forma kialakulása a szabálytalan sünök törzsfejlődésének egyik jellemző vonása. A szabálytalan tengeri sünök — úgy látszik — sokkal nagyobb mértékben tudnak a különböző környezeti viszonyokhoz alkalmazkodni, mint a szabályosak, mert megjelenésük után hirtelen nagy formagazdagságot érnek el, s számos életteret hódítanak meg. Ennek a nagyarányú fejlődésnek a következménye az a tény is, hogy az egyes fejlődési ágak különböző típusai egymástól meglehetősen elütőkké formálódnak. A szabálytalan tengeri sünök fejlődése a jura elején indul meg s attól kezdve követhető nyomon mindmáig.



162. ábra. A szabálytalan tengeri sünök egyike a Cassidulus (a *és* b) *felzetén az ambulakrális mezők szirmot (petalodiumot), szájnyílása körül az alzaton floscellumot alkotnak;* c = *a* Clypeaster-*félék belsejében támasztógerendák alakulnak ki* (Moore—Lalicker—Fischer *és* Easton *nyomán)*

A fejlődés egyik jellegzetes sajátsága az ambulakrális táblácskasorok módosulása. Ez abban nyilvánul meg, hogy előbb a „felzet" oldalán, de később az „alzat"-ig is lenyúlóan, az ambulakrális táblácskák szirom alakú mezőket alkotnak. De a szájnyílás körül is kialakulhat az ambulakrális és interambulakrális táblácskák különböző kifejlődése következtében virág alakú forma, amelyet a szaknyelv *floscellá*nak nevez (162. ábra, *a-b*). Ez a floscella csak akkor van jelen, ha a szájnyílás az „alzat"-on még központi helyzetű. Ilyenkor még állkapcsok is vannak, vagyis az állat még rágókészülékkel is rendelkezik.

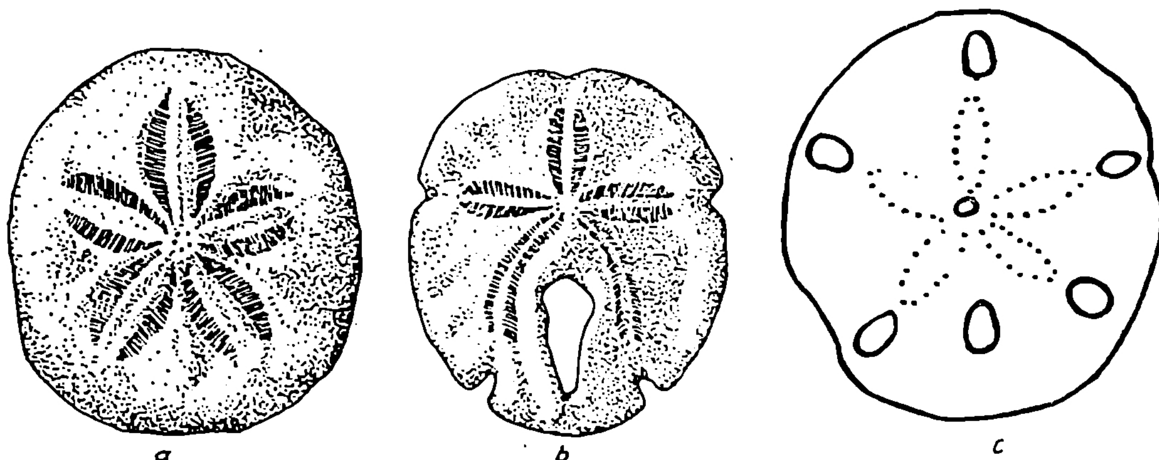


163. ábra. Szabálytalan tengeri sün a Holectypus is — a = *oldalnézetből;* b = *alulról* (Easton *nyomán)*

A *Clypeaster*-félék közé sorolt tengeri sünöknek, az erősen mozgatott vizű életteremek megfelelően, a vázuk belsejében erősítő gerendák, mészoszlopok alakulnak ki (162. ábra, *c*). Olyan sajátság ez, amely a tengeri sünöknek egyedül ezen az egy csoportján fordul elő, mert hiszen a többin a vázon belül csak olyan szilárd elemek fordulnak elő — a rágókészüléktől eltekintve —, amelyek a lágy részekben találhatók.

Talán nem érdektelen, ha egyes típusaikkal részletesebben is foglalkozunk.

Az *Irregulares* rend törzsfejlődési szempontból legősibb alrendje a *Holectypus*-féléket foglalja magában. A *Holectypus* (163. ábra) még azt a szabálytalan tengeri sün típust képviseli, amelyben az ambulakrumok nem alakultak át sziromszerűen, a szájnyílás körül nem alakult ki a floscella, s rágókészüléke is megvan, legalábbis az egyedi fejlődés korai szakaszában. A kétoldali részarányosság — a végbélnyílás helyzetétől eltekintve — az aránylag magas vázon még kevéssé szembetűnő. A *Cassidulus*-féléken már jelentősebb változásokat figyelhetünk meg. A rágókészülék itt már mindig csak a ki nem fej-



164. ábra. a = Clypeaster *felzete;* b = *az* Encope *körvonalában beöblösödések fordulnak elő, s a végbélnyílás irányában kulcslyukra emlékeztető nyílás látszik;* c = *a* Mellita *körülnövi a perem beöblösödéseit* (Easton *és* Telegdi—Roth *nyomán)*

lett egyedeken található meg. Az ambulakrális mezők a „felzet"-en sajátságos és igen jellemző szirmokká alakultak. Az ambulakrális póruspárok nyílásai közül a szélsők harántirányban erősen megnyúltak. A pórusoknak ez a módosulása azzal függ össze, hogy a „felzet"-en kilépő ambulakrális lábak teljes mértékben a lélegzés szolgálatában állanak. A lemezek igen keskenyek, s így számos póruspár, ill. ezeken kilépő, a légzés szolgálatában álló ambulakrális lábacska van az ilyen alak „felzet"-én. A sok láb az egész állat légzését ellátja. Az ilyen természetű módosulásra azért van szükség, mert az állat nagyrészt iszapba ásottan él s csak a „felzet" áll ki az iszapból. A *Cassidulus*-félékre jellemző egyébként, hogy a szájnyílás körül kialakult *floscella* is mindig megtalálható, amint ezt fentebb már olvastuk. Mint a *Holectypus*-félék, a *Cassidulus*-félék is az alsó jurában jelennek meg s azóta is élnek.

A következő típus, a *Clypeaster*-félék alrendje, csak a felső krétában fejlődik ki, képviselői ma is élnek. Arról a sajátosságukról, hogy belső támasztógerendáik vannak, már megemlékeztünk. A fejlődésnek bizonyos mértékig más irányában indultak el, mint az eddig tárgyalt szabálytalan tengeri sün-típusok. Ezeknek ugyanis az egész életén keresztül megmarad az Aristoteles lámpása, de csak bizonyos redukcióval, amennyiben a szokásos építőelemeknek mintegy $1/4$ része visszafejlődött. Ez más szóval annyit jelent, hogy a *Clypeaster*-félék rágókészüléke csak kb. 30 elemből áll. Az „alzat" lapos, a szájnyílás kicsiny, *floscella* nincs körülötte, de a szájnyílásból néha többszörösen elágazó, néha egyszerűbb barázdák indulnak ki az „alzat" felületére. Ezek arra szolgálnak, hogy apró táplálék jusson bennük a szájnyílásba. Ezek a barázdák néha a „felzet" oldalára is felhatolnak. A vázat finom tüskék borítják, amelyek majdnem szőrmeszerűen hatnak. A „felzet"-en az ambulakrumok szirmot alkotnak. Törzsfejlődésük kezdetén apró alakokkal tűnnek föl, de a *Clype-*

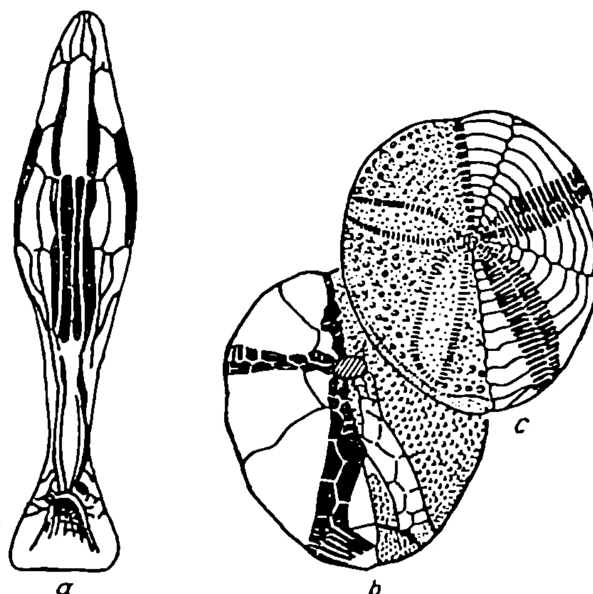
aster (164. ábra, *a*) már tekintélyes nagyságot is elér, sőt a tengeri sünök legnagyobb méretű példányai is ebből az alakkörből kerülnek ki.

Ugyanide sorozandók azok az alakok is, amelyek körvonaluk sajátságos kifejlődésével vonják magukra figyelmünket. Ezek peremén karéjos beöblösödéseket figyelhetünk meg a szirmok irányában. Ilyenek fordulnak elő az *Encope* (164. ábra, *b*) nemzetségnél. A *Mellitá*nál (164. ábra, *c*) meg azt látjuk, hogy a beöblösödéseket a váz a növekedés folyamán körülölelte s így azok most nyílásokként jelentkeznek.

A „felzet" ambulakrális lábacskái itt is teljesen a lélegzés szolgálatában állanak. A *Clypeaster*-félék ambulakrális lábacskáival kapcsolatosan még arról az érdekes jelenségről is meg kell emlékeznünk, hogy ugyancsak a légzés szolgálatára módosult külön kicsiny ambulakrális lábacskáik is vannak. Ezek a táblák varratvonalainak igen apró pórusain keresztül jutnak a külvilágba, sőt egyes alakokon állítólag még az interambulakrális mezőkben is megtalálhatók.

Miután a *Clypeaster*-félék sok és változatos formájukat gyors fejlődési ütemben érték el, természetes, hogy a geológusok is nagy fontosságot tulajdonítanak ennek a csoportnak, hiszen sok jó korjelző faj is előfordul közöttük.

A szabálytalan tengeri sünöknek még egy csoportjáról kell megemlékeznünk, — ezek a *Spatangus*-félék. Korábban jelennek meg a földtörténet folyamán, mint a *Clypeaster*-félék, mert első példányaik már a jurából ismeretesek, de ma is élnek. Specializáltságban minden más tengeri sünt felülmúlnak. Legtöbbnyire iszapba ássák magukat. Vannak mélytengeri alakjaik is, amelyek valószínűleg a gilisztához hasonló iszapfaló életmódot folytatnak, s ehhez alakult egész testszabásuk is. Ennek a sajátságos testszabású típusnak egyik képviselője a ma élő *Pourtalesia* (165. ábra, *a*). Megnyúlt vázú teste minden más tengeri süntől élesen megkülönbözteti. Szájnyílása messze előre tolódott, s az egész testalkat már messzemenően kétoldalian részarányos.



165. ábra. A mélytengeri Pourtalesia (a) *iszapfaló és iszapfúró életmódhoz alkalmazkodott — a sajátságos, megnyúlt alak alzatát látjuk;* b = *a* Spatangus-*félék egyik jól ismert képviselője: az* Eupatagus *alzata és* c = *felzete* (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

Persze, nem minden *Spatangus*-féle módosult ilyen nagymértékben, mint a *Pourtalesia.* De valamennyire jellemző, hogy az „alzat"-on szájnyílásuk sem fekszik már központosan, hanem eltolódott előre. Mögötte az interambulakrális lemezek kissé kiemelkedő mezők, amelyek „szegycsont"-félét *(sternumot)* alkotnak (165. ábra, *b* és *c*). A váz egész felületét kisebb szemölcsök borítják, amelyekhez tüskék csatlakoznak. A felzeten csak négy ambulakrális mező alakult ki sziromszerűen, a mellső nem. Ebből rendszerint igen hosszú lábacskák nyúlnak ki s lebegő, szerves anyagot ragadnak meg. A megragadott szerves anyag azután csatornákon, az ún. fasciolákon keresztül a szájnyílásba kerül. Ezek a csatornák is a *Spatangus*-félék jellegzetes képződményei. Csillók tömege olyan vízáramlást hoz ezekben létre, amely

a szennyező anyagot eltávolítja — illetőleg — szükség szerint — apró szerves törmeléket a szájnyílás közelébe juttat. Egyik-másik *Spatangus*-félén megtaláljuk a szájnyílás körül a floscellát is, amely azonban sohasem olyan erősen fejlett, mint a *Cassidulus*-féléké.

Ha végigtekintünk a tengeri sünök fejlődésén, akkor meg kell állapítanunk, hogy a szabadon mozgó tüskésbőrűek között ez az az osztály, amely a földtörténeti idők folyamán a legnagyobb fokú változásokon ment keresztül, hiszen testfelépítésében elérte a legtökéletesebb ötsugaras szimmetriát s azután ismét a kétoldali részarányosság felé indult fejlődésének útján. Ez az út már gyors evolúciós tempóban zajlott le, s a különböző életmódokhoz való alkalmazkodás következtében a szabálytalan tengeri sünök között nagy változatosságot és alakgazdagságot eredményezett.

Miután megismerkedtünk a tengeri sünökkel, törzsfejlődésük nagy vonásaival és néhány fontosabb típusukkal, vessünk egy pillantást a szabadon mozgó tüskésbőrűek egyik legsajátságosabb csoportjára is. Ezek a tengeri uborkák, szaknyelven a *Holothurioideák* osztálya. Sok szempontból egészen különálló osztályt jelentenek a tüskésbőrűek törzsében. Lárvájuk jobban hasonlít a tengeri liliomok lárvájához, mint a szabadon mozgó tüskésbőrűekéhez, de nem jut rögzített állapotba. Másrészt sok vonásukban ismét a szabadon mozgó tüskésbőrűekhez hasonlítanak inkább. Így származási viszonyaik egészen homályosak. Valószínűleg a tüskésbőrűeknek valami egészen ősi típusából származnak. Nincs összefüggő elemekből alkotott szilárd vázuk, s ősmaradványok alakjában csak alárendelten ismeretesek. Bőrükben elszórtan találunk különböző vázelemeket, amelyek azonban apróságuk miatt csak nemrég óta szerepelnek az őslénytani tudomány műhelyeiben.

A tengeri uborkák egyébként kedvelt csemegéi a keleti konyhának. Belőle készül a *trepang*. Elkészítése nagyon bonyolult; állatvédő egyesületek — valószínűleg — erősen kifogásolnák annak módját, s a nyert csemege európai gyomor számára, mint mondják, nem is olyan nagyon ínycsiklandozó. A tengeri uborkát nyeles fazékban tengervízzel együtt halásszák ki. Levegőn ugyanis a tengeri uborka rövid idő alatt elbomlik, használhatatlanná válik. A tengervízzel együtt élő állapotban teszik tűzre, s amint párolog a tengervíz, úgy öntik utána az édesvizet, majd kellő forralás után szellős helyen megszárítják. Utána ismét főzik, szárítják, majd harmadszor is fölfőzik, s akkor szárítás után kockákra vágva, tüllzacskókba csomagolják.

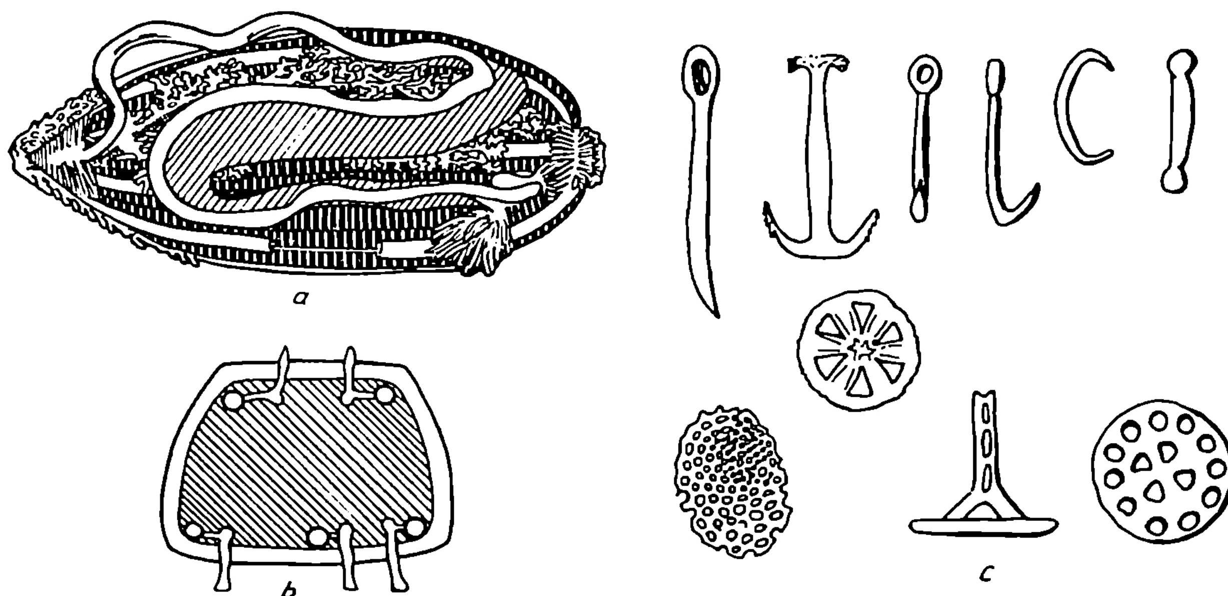
A tengeri uborka nevet onnan nyerték ezek az állatok, hogy nagyságban is, alakban is hasonlítanak az uborkára. Úgy fekszenek a tenger fenekén, hogy szájnyílásuk oldalt van. Megtalálhatók az apály vonalától mintegy 6000 m mélységig, előfordulnak hideg és meleg tengerben, de igazi hazájuk mégiscsak a tropikus tengerek sekély mélységében van, itt tanyáznak legnagyobb számban, s így könnyen halászhatók ki trepangnak. Legtöbbnyire mozdulatlanul fekszenek, néha ambulakrális lábak segítségével mozognak, sőt néhány alakjuk úszni is tud.

Azt az oldalt, amelyen a tengeri uborka fekszik, hasi oldalnak nevezzük. A vízedényrendszer öt sugárcsatornája közül három itt található. Ezt a három sugárcsatornát *triviumnak* nevezzük, szemben a háti oldal *biviumnak* mondott két sugárcsatornájával. (Ezeket a megjelöléseket egyébként a szabálytalan tengeri sünökre is szokás használni). A bőrszerű köztakaróval borított test mellső oldalán találjuk a szájnyílást és hátulsó oldalán a végbélnyílást. A bélcsatornán áthaladó iszapból az állat az apró szerves anyagot használja föl táplálkozására. A szájnyílás körül tapogatók helyezkednek el. A tapogatók a vízedényrendszerhez tartoznak, erősen szétágazóak.

A tengeri uborkák vízedényrendszere eléggé sajátságos kifejlődésű, összehasonlítva a többi tüskésbőrűével. Az egyedi fejlődés kezdeti szakaszában ugyanis a test-

felületen levő madreporalemezen keresztül jut a tengervíz a vízedényrendszerbe, miként a többi ma is élő valamennyi típus esetében. A tengeri uborkák legnagyobb részének azonban később ez a külső nyílása megszűnik, s a test belsejében több belső madrepora lemez alakul ki (166. ábra, *a*, *b*).

A többi tüskésbőrűtől — mint már arról szó volt — abban is különböznek a tengeri uborkák, hogy bőrükben elszórtan fordulnak elő apró kis mészlemezek. Ezek alakja (166. ábra, *c*) rendkívül különböző lehet.



166. ábra. Tengeri uborka — a = *hossz-*, b = *keresztmetszetben, és* c = *tengeri uborkák vázelemei* (Moore—Lalicker—Fischer *és* Easton *nyomán)*

A tengeri uborkák annak ellenére, hogy nincs összefüggő szilárd vázuk, már a középső kambriumból is ismeretesek. Ezek a maradványok lenyomatok alakjában a brit-columbiai Burgess-hágó világhírű paláiból kerültek elő. A Burgess-palák pompás maradványait dolgozta fel *Walcott*, és eredetileg többféle maradványt sorolt a tengeri uborkák közé, amelyekről később más kutatók azt állapították meg, hogy részben az űrbélűek közé tartoznak. A *Redoubtia polypoda* (167. ábra) néven leírt maradványt azonban máig is általánosan tengeri uborkának tekintik. Ez a tengerfenék életközösségéhez tartozó forma, éppúgy, mint a többi tengeri uborkának tartott maradvány is.

Biztosan fölismerhető mészlemezkék alakjában a tengeri uborkák csak a karbontól kezdve ismeretesek. Az ordoviciumtól kezdve emlegetett alakok idetartozása még kétesebb, mint a középső kambriumi alakoké.

Annyi azonban legalábbis nagyon valószínűnek látszik, hogy a mai értelemben vett tengeri uborka típus már a kambriumban kialakult. De nem tudjuk biztosan megállapítani, hogy a váz-



167. ábra. Redoubtia polypoda *néven írta le* Walcott *a középső kambriumi Burgess palákból ezt a tengeri uborkának tartott lenyomatot* (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

elemek ősi váz csökevényei avagy másodlagos, új szerzeményei-e a tengeri uborkának. Így tehát rokonsági kapcsolataik a többi tüskésbőrűvel egyelőre egyáltalában nem tisztázottak.

Sok érdekes sajátosságuk, a rendkívül nagymértékű regenerációs készség, a vízedényrendszer sajátságos kialakulása a belső madreporitokkal — mind olyan jellegek, amelyek erősen elgondolkodtatnak, anélkül azonban, hogy a végleges és biztos feleletet származásukra vonatkozóan meg tudnánk adni. Így tehát a tüskésbőrűek formagazdag törzsében a kihalt nyeles alakok mellett a nyélnélküli, szabadon mozgó tüskésbőrűek között is bőven akad még olyan kérdés, amelyek megválaszolása a jövő feladata marad.

A tüskésbőrűek egészét tekintve — visszapillantásként megállapíthatjuk, hogy ez a törzs is roppant formagazdag, számos, a törzsfejlődés folyamán már ki is halt ággal, amelyek között a származástani kapcsolatok bizony nem mindig világosak. Kétségtelen, hogy mint újszájúak, — a törzsfejlődésnek új vonásait képviselik, de az sem vitás, hogy az újszájúak között is sajátságos oldalági helyet foglalnak el.

A gerinchúr megjelenése

A fő származási vonalat az újszájúak között azok a típusok képviselik, amelyekben már a gerinchúr is megjelent. Ez az a származási vonal, amelynek legfejlettebb alakjai a gerinces állatok. (Bővebben könyvünk következő fejezetében olvashatunk róluk.)

A kezdetlegesebb gerinchúrosokról az ősmaradványanyag — sajnos — megint csak keveset árul el. Mai képviselőik sokasága azonban azt mutatja, hogy hosszú származási sor számos alkalmazkodási alakjaként jöttek létre. Lágy testükben semmi olyan szilárd váz nincs, amely fosszilizációra alkalmas lenne. Éppen ezért az ősmaradvány-anyagban is csak egyetlenegy csoportjuk fordul elő.

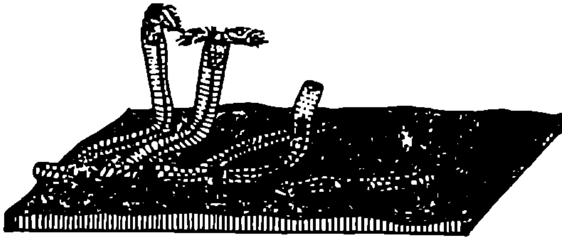
Mielőtt ennek a csoportnak, a *Graptolithoideák*-nak az ismertetésére térnénk, már itt is el kell mondanunk, hogy a gerinchúros állatokat *(Chordonia)* két törzsre szokás osztani. A kezdetlegesebb állapotot az előgerinchúrosok *(Prochordata)* törzse képviseli, a fejlettebbet pedig a gerinceseké *(Vertebrata)*.

Az előgerinchúrosok között ismét két altörzset szoktak megkülönböztetni. A fejlettebbeket ezek között zsákállatok *(Tunicata)* néven foglalják össze. Ezek mind tengerben élnek, többnyire aprók, és semmiféle fosszilis képviselőjük eddig még nem ismeretes. Fejletlenebbek a *Hemichordata* altörzsben összefoglalt alakok, amelyekben a gerinchúrnak csak kezdeménye van. A fosszilis anyagban ezeket egy osztályuk képviseli, az előbb említett *Graptolithoideák*.

Kevés állatcsoport van, amelynek a rendszertani helye annyira vitatott lett volna, mint a *Graptolithoideáké*. Hosszú időn keresztül főleg a hidraállatokkal hozták ezeket kapcsolatba, és ezek rokonságába helyezték. Egyes kutatók viszont úgy vélték hogy a *Graptolithoideák* inkább a mohaállatkák rokonai. A második világháború előtt közvetlenül, *Kozlowski*, a lengyel paleontológusok világhírű képviselője, szerencsés, új kutatási módszer alkalmazásával olyan jellegeket ismert föl a *Graptolithoideákon*, amelyek alapján ezt a rég kihalt csoportot a béllel légző előgerinchúrosok törzsének csövesek *(Pterobranchia)* osztálya közelébe helyezhette. Maguk a *Pterobranchiák* sem tartoznak a nagyon részletesen tanulmányozott állatok sorába s így *Kozlowski* eredményeinek általános elfogadása bizony hosszú időbe tellett. Ma a *Graptolithoideákat* általában a csövesek rokonságába állítják.

A *Pterobranchiák* tengerben élő, telepalkotó állatok s mindössze két nemzetségüket emlegeti az irodalom. Az egyik ezek közül *(Cephalodiscus)* szabadon úszó életmódot folytat, míg a másik *(Rhabdopleura)* rögzített. S éppen ezzel a rögzített életmódú formával tudta *Kozlowski* a *Graptolithoideákat* kapcsolatba hozni.

A *Rhapdopleura* (168. ábra) telepeket alkot, amelyek a tengerfenéken rögzülnek. Telepeiben kétféle egyed különböztethető meg, tehát a telepek többalakúak: vannak bimbózó és tápláló egyedek. Egyéb részletek elhagyásával vizsgáljuk meg most a *Graptolithoideákat*, mint a *Rhapdopleurához* hasonló alakokat.



168. ábra. Rhabdopleura, *a* Prochordaták *egyik ma élő képviselője, amellyel* Kozłowski *a* Graptolithoideák*at hozta rokonsági kapcsolatba* (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

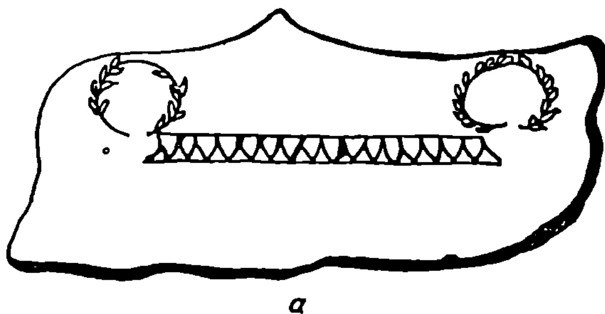
A *Graptolithoideák* az ordoviciumban és szilurban világszerte elterjedt alakok, amelyek éppen nagy vízszintes elterjedésük és amellett az egyes fajok rövid élete, tehát kis, függőleges elterjedése miatt mint szintjelző alakok elsőrendűen fontos szerepet játszanak. Segítségükkel tagolják az ordoviciumot 15, a szilurt pedig 22 szintre.

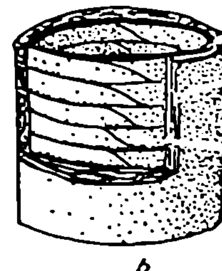
Mint a *Rhapdopleura*, ezek is telepalkotók. A telepek a földtörténeti ókor paláin írásjelekhez hasonlóan maradtak meg. Erre vonatkozik az „írott kő" jelentésű *Graptolithus* név is, amely már *Linnétől* származik. Sőt a *Graptolithoideák* első ábrázolása is *Linnének* köszönhető (169. ábra, *a*).

A *Graptolithoideák* telepei az agyagpalák réteglapjain összenyomottak, alakjuk így nagymértékben módosult, és éppen ezért olyan nehéz a vizsgálatuk is. *Kozlowski* kitűnő preparálási módszerével kiszabadította a maradványokat a kőzetanyagból. De az így nyert készítmények alapos tanulmányozása azt is megmutatja, hogy az anyagban számos kitűnő megtartású példány is volt, amelyek finom szerkezeti vizsgálatot is lehetővé tettek.

A *Graptolithoideák* telepeit alkotó egyes egyedek a többnyire csésze alakú thecákban helyezkedtek el. A theca fala kitines anyagú, amelyet *Kozlowski* fluorsavval úgy szabadított ki a kovás kőzetből, hogy megfigyelhető volt az egyed falának kétrétegű felépítettsége. A theca fala a külső kéregből *(cortex)* és a belső, ún. „fusellaris" rétegből áll, amely félgyűrűk sorozatából épül föl s éppen ezzel a jellegével hasonlít végeredményben a *Rhapdopleurához* (169. ábra. *b*).

Egy másik jellegzetesség, amely a *Rhapdopleurához* való hasonlóságot ugyancsak





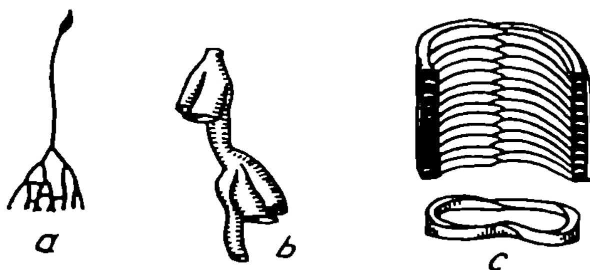
169. ábra. A Linné *ábrázolta* Graptolithus scalaris (a); *és* b = *a* Graptolithoidea *vázszerkezete (külső és belső rétegből áll, s a belső réteg félkör alakú gyűrűkből tevődik össze)* (Hundt *és* Beerbower *nyomán)*

aláhúzza, az indák *(stolonok)* jelenléte. Ez az egész telep összeköttetésére szolgál, és kiemeli a telep egységét.

Kozlowski vizsgálatai a kitűnő megtartási állapotban nyert *Graptolithoideá*khoz annyi részletet és aprólékos jellegzetességet szolgáltattak, hogy ma már lehetetlen az állatvilágnak erről a réges-régen kihalt és oly nehezen értelmezhető csoportjáról egységes képet adni. Olyan fontos és jelentős részletek váltak ismeretessé, amelyek alapján a *Graptolithoideák* osztályán belül a rendek hosszú sorát kellett megkülönböztetni.

Legősibb, de egyúttal a leghosszabb életű is a *Dendroidea* rend. Ennek első képviselői a felső kambriumban jelentkeznek tömegesen, s utolsó hírmondójuk pedig a karbon elejéről ismeretes. Virágkora az ordoviciumra esik. A rend egyik legismertebb nemzetsége a harang alakú telepeket alkotó *Dictyonema*. A telep alaplemezek segítségével rögzítette magát valamely tárgyhoz, valószínűleg olyan módon, hogy arról a telep lefelé lógott. Az alaplemezből fonal *(nema)* indult ki, amelynek végén találjuk a telep első kelyhét *(thecá*ját*)*. Ez a *sicula*, amelyről pontosabb vizsgálattal kiderült, hogy két részből áll: az alaplemezhez közelebb eső része nagyon vékonyfalú, s néhány hosszanti irányú rost erősíti; ez a *prosicula*, s ehhez csatlakozik a *metasicula*. A prosicula alakja kúpos, hegye a nemában folytatódik; a metasicula inkább csőhöz hasonlítható és sűrűn következő, harántirányú növekedési vonalak borítják. A siculából bimbózással alakult ki az első ivartalanul keletkezett egyed. Ebből további bimbózással három egyed jött létre. Egyik ezek közül a stolotheca, amelyben belül ott húzódik az inda *(stolon)*, s amelynek bimbózásával további 3 egyed alakult ki. A másik egyed a három theca közül a legnagyobb átmérőjű, ezt autothecának nevezzük, míg a harmadik theca kisebb, ez a bitheca. Így jönnek létre „triádokban" az egyes egyedek, s az ezeket körülvevő thecák és páros bimbók megjelenésével az elágazások, amelyeket néha még ún. *dissepimentum*ok is összekötnek egymással. Végeredményben a *Dendroidea* rend alakjaira jellemző, hogy a rhabdosoma felépítésében a thecák mindig triádokként jelennek meg, és az egész telep összeköttetését a stolonnal biztosítja (170. ábra).

Kevésbé formagazdag a *Tuboidea* rend, amely abban különbözik a *Dendroideá*któl, hogy itt nincs meg a triádokban történő thecakeletkezés. A földtani korbeli elterjedés is más, mint a *Dendroideá*knál, mert a *Tuboidea* rend képviselői csak az ordoviciumban és a szilurban éltek. Ennek a rendnek egyik képviselője a *Tubidendrum* (171. ábra, *a*). Bekérgezéseket alkotnak a *Camaroidea* és az 1962-ben leírt *Crustoidea* rend alakjai. Előbbiek egyik alakja a *Bithecocamara* (171. ábra, *b*), amelyen csak kétféle theca ismerhető föl. Az autothecák alapjukon laposak és erősen kiszélesednek.

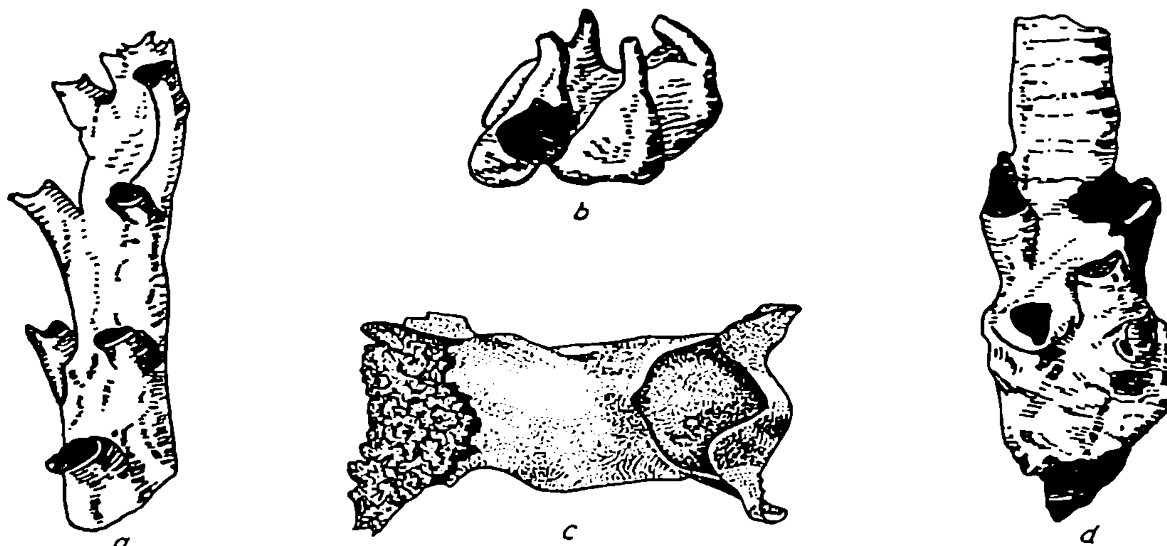


170. ábra. Dendroidea *vázlata* — a = *a telep vázlata;* b = *2 triád a stolo-, auto-, és bithecaval;* c = *a theca falának keresztmetszete a 2 réteggel és a félgyűrűkkel* (Moore—Lalicker—Fischer *nyomán)*

A *Crustoideá*kra megint a triádok megjelenése jellemző és az autothecák szájnyílásának erősen módosult kialakulása (171. ábra, *c*). Végül a *Stolonoidea* rend megint olyan csoport, amelynek földtörténeti elterjedése csak az ordoviciumra esik. Ez hol bekérgező, hol meg nem bekérgező telepeket alkot. Egyik képviselőjük a *Stolonodendrum* (171. ábra, *d*), erősen megnagyobbodott stolothecákkal és ezekben jól fejlett, erős indákkal.

A *Graptolithoidea* osztály egyik legformagazdagabb rendje a *Graptoloidea*

rend. Alakjai származástanilag a *Dendroideákra* vezethetők vissza, amint ezt átmeneti formák bizonyítják. Földtörténeti elterjedés szempontjából rövidebb életű, mint a *Dendroidea* rend, mert fajai kizárólag az ordoviciumban és a szilurban élnek, a devon előtt teljesen kipusztulnak, hírmondójuk sem marad. Éppen ezért szokás a *Graptolithákról* általánosságban úgy beszélni mint olyan alakokról, amelyek az ordoviciumra és a szilurra korlátozódnak, holott szorosan véve ez elsősorban a földtanilag is nagyon fontos és korjelző *Graptoloidea* rendre vonatkozik. A *Graptoloideák* jellemző módon különböznek a *Dendroidea* rend tagjaitól abban is, hogy nincs egész telepet

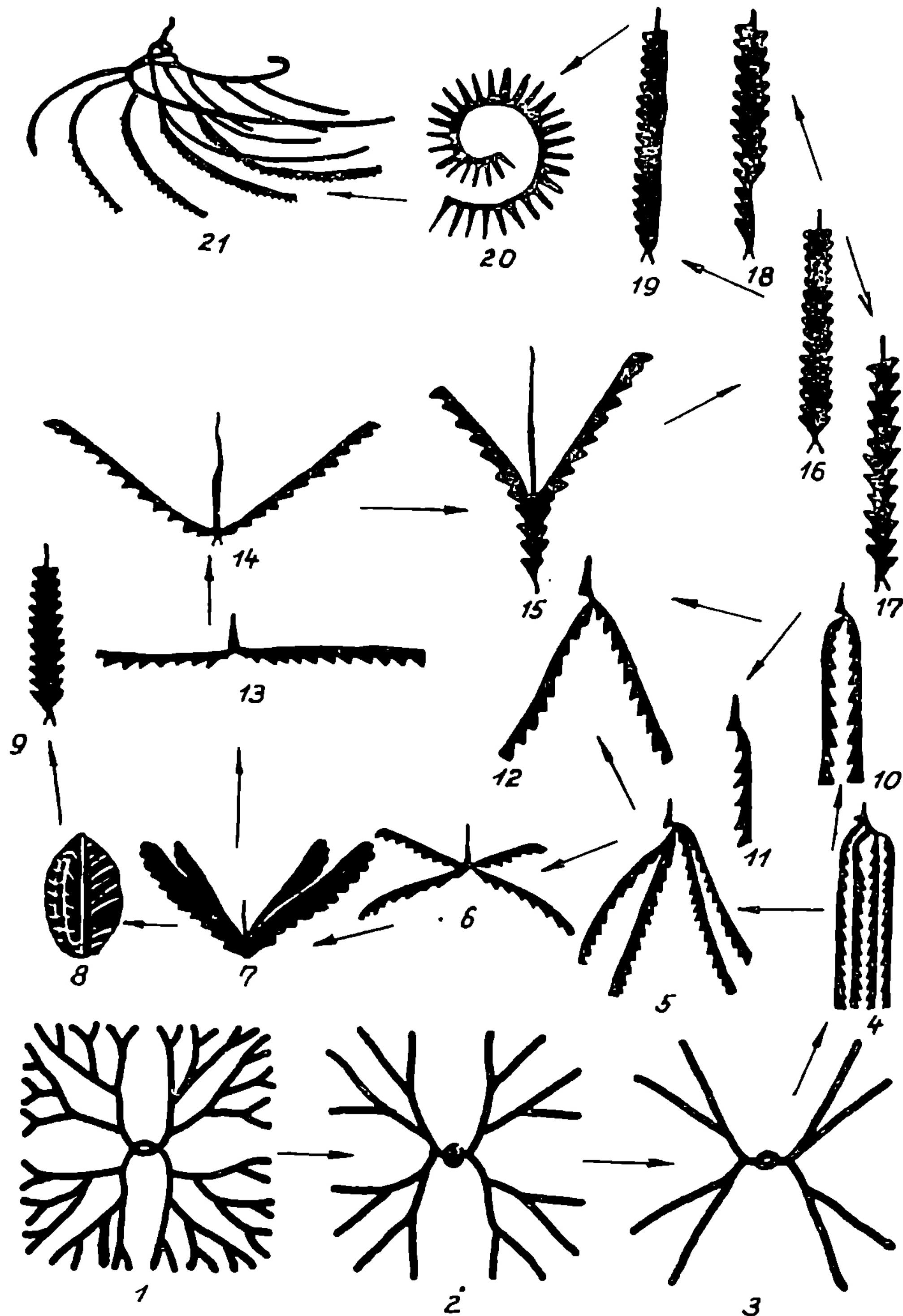


171. ábra. A Tubidendrum (a) *a* Tuboideák *egyik nemzetsége;* b = *a* Bithecocamara *a* Camaroideák *közé tartozik;* c = *a* Crustoidea *rend képviselője a* Ruedemannicrusta geniculata; d = *a* Stolonodendrum *a* Stolonoideá*khoz tartozik* (Moore—Lalicker—Fischer *és* Kozlowski *nyomán)*

összekötő indájuk *(stolon)*. Szembeszökő az a sajátosságuk is, hogy a telep *(rhabdosoma)* felépítésében csak egyféle thecák vesznek részt. Más szóval ez annyit jelent, hogy a telepek nem többalakúak *(polymorphok)* s így a thecák nem a *Dendroideák*-nál megismert módon hármasával, triádokban alakulnak ki. A *Dendroidea* telep felépítésében kevéssé érvényesül a kétoldali részarányosság, ezzel szemben a *Graptoloidea* rend törzsfejlődésének az egyik jellemző vonása, hogy a telep egyre jobban megközelíti a tökéletes kétoldali részarányosságot.

Amit már a *Dendroideák* ismertetésekor a telep első thecájára, s siculára vonatkozóan elmondottunk, az a *Graptoloideákra* is teljes mértékben érvényes. Sőt azt is megjegyezhetjük, hogy a siculára vonatkozó ismereteinket általában a *Graptoloideáknak* köszönhetjük, mert megtartási állapota ezeken általában sokkal jobb, mint a *Dendroideáknál*. Itt a legtöbb esetben világosan figyelhető meg, hogy a siculából kiinduló első theca bimbózása a metasiculán található nyílásból indul ki.

A *Graptoloideák* egy részének minden thecája az alap egy közös csatornájába nyílik, amely ily módon a telep egyes egyedei közötti kapcsolatot biztosítja. Természetesen nem tudjuk határozottan megmondani, hogy ezáltal bizonyos egyedek csak a táplálkozás szolgálatában állottak-e, s gondoskodtak a közös csatornán keresztül az egész telep táplálásáról, amíg más egyedek feladata más életfunkciókban nyilvánult meg. Annyi azonban tény, hogy ilyen közös csatornájuk volt.



172. ábra. A Graptoloideá*k törzsfejlődésének menete a sokágú formáktól a* Monograptus-*félék típusáig. Az* 1—4. *ábra a sokágú alakból a négyágú* Tetragraptus-*típus kialakulását mutatja; a* 4—6. *a* Tetragraptuso*k lelógó, lehajló és vízszintes ágú, míg a* 7. *fölhajló, a* 8. *pedig felálló* Phyllograptus-*típust ábrázol. Két ág elvesztésével alakul ki a kétsoros forma, különböző állású ágakkal. A* 9. *ábrán a* Glossograptus, *a* 10.-*en a* Didymograptus, *a* 11.-*en az* Azygograptus, *a* 12—13. *ábrán ismét a* Didymograptus, *a* 14.-*en a* Dicellograptus, *a* 15. *ábrán a* Dicranograptus, *a* 16. *ábrán a* Diplograptus, a 17.-*en pedig a* Climacograptus *mutatja ezt a folyamatot. A* 18. *ábrán a* Monograptuso*n látjuk a kétsorosnak egysoros típussá való átalakulását, a* 19. *ábrán pedig már egészen egysoros* Monograptus *látható. Csigavonalban csavarodott be a* Rastrites (20.), *míg a* Cyrtograptus (21.) *a becsavart alaknak többágúvá történő átalakulását mutatja* (Moore—Lalicker—Fischer nyomán)

Kezdetben az egyes telepek sok ágból állottak, a törzsfejlődés egyik mozzanata éppen az ágak számának csökkenésében mutatkozott meg. Ezeket a viszonyokat jól szemlélteti 172. ábránk. De ugyancsak itt láthatjuk a fejlődésnek azt az irányát is, amely a lelógó típustól a lehajlón és vízszintesen keresztül a felhajlón át a felállóig vezet.

Némely alak telepei (*rhabdosomá*ik), amint arról megmaradt leletek tanúskodnak, nagytelepekké (*synrhabdosomá*kká) egyesülnek. Ezek — úgy látszik — úszóhólyag-szerű képződményben egyesültek, s így lebegtek a tengervízben.

Ezek a lebegő nagytelepek a régibb kutatók elgondolása szerint sokban emlékeztettek az űrbelűek közé tartozó medúzákra. Ez is egyik oka volt annak, hogy a *Graptolithoideá*kat a *Hydra*-félék rokonságával hozták kapcsolatba. Újabb rekonstrukciókban ez a kép is már lényeges átalakuláson ment keresztül, s így már a medúzákhoz való hasonlóság sem olyan nagy.

A *Graptolithoideá*kban a korszerű ismeretek alapján előgerinchúros állatokat látunk. Ezek sorában utódok nélkül kipusztult csoportnak tekinthetők, amelyek, éppen úgy, mint az újszájúak között a tüskésbőrűek, az előgerinchúrosok törzsfejlődésének egyik oldalágát képviselték. Mindenesetre nagyon érdekes jelenség, hogy az ősmaradvány-anyagban éppen ez az oldalági kihalt csoport található meg, míg a ma is élő típusok a földtörténeti múltból nem ismeretesek.

A gerinctelen állatokat tárgyaló rész elején említettük a kőlapokra rajzolt film hasonlatát. Nos, ezt a filmet most a kezdetleges egysejtűtől egészen a gerinceseket közvetlenül megelőző, bonyolult felépítésű, gyors evolúciós ütemben fejlődő alakokig lepergettük. Talán sokan nagyon hiányosnak találják a filmkockák sorát. De ne felejtsük el, hogy a nagy filmjáték rendezője maga a természet, amely bizony sok türelmet, töméntelen elmélyedő munkát és kutatást követel nagy alkotásának megértéséhez.

Negyedik rész

A GERINCES ÁLLATOK FEJLŐDÉSE

Írta:

Kretzoi Miklós

I. A GERINCES ÁLLATOK KIBONTAKOZÁSA

A gerincesek eredete szinte mérhetetlen távolságba, a földtörténet ezermillió évet megközelítő ködös múltjába nyúlik vissza.

A Föld arculata a maitól merőben különbözött. Akkor is tengerek és szárazföldek váltakoztak, de mennyire más az a kép, amely múltba kalandozó szemünk elé tárul.

A legmélyrehatóbb változást természetesen a szárazföldek tárják elénk. Nemcsak kiterjedésükben és eloszlásukban; ehhez talán a földtörténet évmilliói alatt folyton változó alakú földrészek hozzászoktatnának bennünket. Fel sem tűnne a szemlélőnek, hogy a mai nagy szárazulatokból csak egy-egy foszlány, szárazföldi kiszögellés emelkedett a tenger fölé a földtörténet legrégibb szakaszaiban.

Ami a múltban kalandozó szemlélőt megkapná, az a szárazföldi táj minden képzeletet meghaladó sivatagossága. Nincs sehol egy tenyérnyi folt az első ős-szárazföldeken, ahol az élet színe, mozgása szakítaná meg a borzalmas kő-, homok- vagy agyagsivatagot! Millió és millió négyzetkilométernyi szárazföldet hatalmas, égbenyúló, meredek hegyóriások, irtózatos szakadékok, kőgörgetegek, a síkokon pedig homok- és agyagsivatagok alkotnak. Rettenetes szélviharok égigérő porfelhőinek kavargása rombol és épít folyamatos váltakozásban. Közbe-közbe roppant vulkáni kitörések terítik szét óriási területeken komor, fekete láváikat és tufáikat. Ezt a föld-arculatot az eső, a szél, és a fagy korlátlanul tépi, szaggatja, rombolja és pusztítja. Nem védi erdő, bozót, fű és termőtalaj.

A felszín romboló erői megsokszorozott erővel hatottak a csupasz földfelületen. Ez okozta a ma elképzelhetetlen vad térszíni formákat és földfelszíni különbségeket, de ugyanez hozta létre a hihetetlenül gyors változást és elmúlást is.

A Föld őskorának komor szárazföldjeit ugyanolyan komor légréteg burkolta be. Az élet ezerarcú, vidám színpompája még itt is hiányzott. Csak a tengerben tört meg a pusztulás birodalma. Természetesen ez sem volt az, amit a mai tenger alig elképzelhető gazdaságban nyüzsgő, végtelenül változatos élővilága tár a szemünk elé. Különleges, félelmetes világ volt azért ez is. De nem az akkor élt szörnyetegek vadságától. Ellenkezőleg; kísérteties lassúsággal mozgó világ ez. Kísérteties és könyörtelen.

A tengervíz áramlásától mozgatott, hullámzó algafonalak „erdőségei", a vízben áramló egysejtűek tömege, radioláriák, a tengerfenék kövein bevonatokat alkotó alacsonyrendű szervezetek, zömében algák képviselik az élet első formáit. Ebben a környezetben mozgott vagy lerögzítve élt az a néhány „magasabbrendű" élőlény, melyet az élet sok százmillió éves fejlődése addig létrehozott: elsősorban a csalánozók és igen változatos fejlődési fokon a férgek. Utóbbiak mellett az idők folyamán már kialakultak a férgek különböző csoportjaiból kibontakozott legősibb ízeltlábú állatok,

kezdetleges „rákok" típusai. Természetesen nem hiányoztak a puhatestűek legkezdetlegesebb képviselői sem.

A szakemberek férgek néven foglaltak össze egyetlen állattörzsbe egy sereg olyan állatípust, amelyet máig sem tagoltak jelentőségük szerint. Ezek legősibb képviselői között találjuk azokat az állatokat, amelyeknek sokoldalú továbbfejlődése végül is a gerincesek kialakulásához vezetett.

A gerincessé válás folyamata

A gerincteleneket tárgyaló fejezetekben gyakran olvashattuk, hogy az ősi élet emlékeinek fennmaradását — néhány kivételesen szerencsés esettől eltekintve — eleve lehetetlenné tette az, hogy a szóban forgó őslények teste gyorsan feloszló, puha részekből állt. Sem belső, sem külső vázuk nem volt, amely a lágyrészek pusztulása után is fennmaradhatott volna. Ez a tény nehezíti meg a gerincesek kialakulásának, kezdeti fejlődésük egyes szakaszainak megismerését. Ez kényszeríti a kutatókat a lelet-anyag vizsgálatának közvetlen és biztos útja helyett a sokkal bizonytalanabb közvetett útra a gerincesek eredetének felderítését célzó munkájukban.

Természetesen ne gondoljuk, hogy ez a közvetett út minden tudományos alapot nélkülöző, üres spekuláció, a szabadjára engedett fantázia játéka. Nem. Ennek a munkának is megvannak a szigorú tudományos módszerei, logikai keretei, biztos támpontjai. Ezekről letérni nem lehet, bármilyen csábító lenne az elkalandozás. Nézzük meg egy ilyen tudományos „nyomozás" fegyvertárát, amely akkor is lehetővé teszi egy állat-, vagy növénycsoport természetes származási kapcsolatainak, fejlődéstörténetének főbb vonalakban való rekonstrukcióját, ha erre a közvetlen adatok, tehát a közbeeső fejlődési fokok ősmaradvány-leletanyaga nem is áll rendelkezésünkre.

Első segédeszközünk ilyenkor az embriológia, amely a megtermékenyített petesejt első barázdálódásától a környezetében aktív életre képes fejlettség eléréséig befutott fejlődés útját ismerteti. Ez az út — amire a biogenetikai törvényeken kívül a józan ész is figyelmeztethet — nagy általánosságban nem lehet más, mint az,amelyet az élet is megtett az egysejtű ősi alakoktól a fejlett soksejtű-típusokig. Hiszen mindkettő egy és ugyanazt az utat járja: az egysejtűtől fokozatos kifejlődéssel a legbonyolultabbig. Az állat törzs- és egyedfejlődésének útja azonban részleteiben nem azonos. Ez talán nem szorul bővebb magyarázatra. Gondoljuk meg, hogy az előbbi a sok százmillió év folyamán hány kisebb-nagyobb alkalmazkodási folyamatot, fejlődési elhajlást, sőt zsákutcát jár meg, amitől az egyedfejlődés rövid lefutása mindig mentesül.

Azután meg arról sem szabad elfeledkeznünk, hogy az egyén fejlődésének is megvannak a maga sajátos mellékvágányai, például a különféle, néha igen bonyolult lárva állapotbeli specializációk, amelyek viszont legtöbbször hiányoznak a törzsfejlődés korai szakaszaiból, mert későbbi szerzemények. Így tehát csak a fő vonásokban vág egybe a két fejlődés, — de nekünk a fejlődés fő irányainak tisztázásához ez is felbecsülhetetlen segítség.

Második segédeszközünket a gerincesek kialakulásának kutatásában a gerincteleneknek — szervezetünk felépítésében a legtöbb kapcsolatról tanúskodó — törzseinek tanulmányozása jelenti. A *Prochordaták* azaz ős-gerinchurosok (zsákállatok, szalpák, béllélegzők) és az ősi jellegeket leginkább őrző legkezdetlegesebb élő gerincesek (a lándzsahal, a körszájúak) szervezetének az összehasonlító tudományára gondolunk. Ezen az úton jutunk el azokhoz a jellemvonásokhoz, amelyek mindkét csoportban

közösek, tehát feltehetően őseik jellemvonásai is közösek. Természetesen itt nagyon kell ügyelnünk, hogy ne soroljunk a két csoportot ősi fokon összekötő jellegek közé olyanokat, amelyeket ezek későbbi fejlődésük során, egymástól függetlenül szereztek meg.

Ha az előbbi módszer segítségével nagyjából fel tudtuk vázolni elméletben a legősibb gerinces-típust, akkor összevethetjük a gerinctelenek mintegy háromnegyedmillió fajt számláló, roppant változatos tömegéből kiragadott legősibb jellegű típusokkal. Mert hiszen arra is kíváncsiak vagyunk, hol találjuk meg azokat a jellegeket, amelyek a gerincesek őseit a többi gerinctelen törzshöz törzsfejlődésük során kapcsolják.

Még egyszer hangsúlyozzuk: nem azokat az alakokat keressük, amelyekre a gerinceseket visszavezethetnénk. Ilyenek természetesen már úgy sem lehetnek. Mi csak azokat az itt-ott még felismerhető ősi jellegeket keressük, amelyekből a még ősibb jellegekre következtethetünk. Ezek a jellegek fognak minket a legősibb kapcsolatok felismerésére vezetni.

Mindezeken a megfigyeléseken kívül nélkülözhetetlenek azok, amelyeket őslénytani bizonyítékok igazoltak. Vagyis: ha ismerjük a fejlődés felső harmadát, akkor ez az ismeretünk hozzásegíthet az első kétharmadban lezajlott fejlődés jelenségeinek a magyarázatához.

Végül mindezeken az adatokon kívül szükségünk van annak a környezetnek az ismeretére, amelyben a fejlődés különböző szakaszai végbementek. Ismernünk kell a környezet víz- és légköri viszonyainak, éghajlatának, fizikai és kémiai adottságainak, a környező élővilágnak és sok más kísérő körülménynek minél nagyobb részét. Mindezek nélkül bizony még akkor is légüres térben mozgunk, ha látszólag igen sokatmondó anatómiai adat-anyaggal rendelkezünk.

Ha mindezeket figyelembe vesszük, akkor lassanként kialakul bennünk egy kép. Ez a kép, ha sok részletében homályos is, nagy vonásokban mégis elénk vetíti a gerincesek kialakulásának kezdeti fokán álló ősállatok szervezetének felépítését. Azokat a legfontosabb változásokat, amelyeken keresztül haladva eljutunk az őslénytani leletekkel dokumentált ismeretek fénykörébe.

Azt hisszük, nem volna értelme, hogy itt tudománytörténeti fejtegetéssel bemutassuk azt a kisebb könyvtárat megtöltő irodalmat — számos elméletével és vitájával —, amely ezzel a kérdéssel foglalkozik. Mindebből itt csak annyit említünk, hogy a gerinceseket a kutatók szinte kivétel nélkül féregszerű, ősi cölómásokból, azaz testüregesekből vezetik le. Bár kétségtelenül a gyűrűsférgekből, vagy éppenséggel az ízeltlábúakból való származtatás gondolata is felmerül. E tekintetben nagy haladást jelentett a zsákállatok és gerincesek rokoni kapcsolatainak a felismerése, és a cölómások két nagy embriológiai ágának, azősszájúak és újszájúak fejlődési törzseinek az elkülönítése.

Mindezek figyelembevételével a gerinceseknek ősmaradványokkal nem igazolt legősibb képviselői féregformájú, szelvényezett testű, béllégző újszájas állatok lehettek.

Ezekhez a tulajdonságokhoz azonban további magyarázatokat kell fűznünk.

Az általunk ismert legkezdetlegesebb szabású férgek teste kezdetben az egyik oldalán benyomott labdához hasonlított. Egy ilyen labda tengelymenti megnyúlásával alakult ki a kettősfalú (külső és belső csíralemezekkel határolt) tömlő, melynek betüremkedett része a bélcsatorna. Nyílása a szájnyílás (*protostomium*). A két fal közti szűk teret laza sejtréteg (a középső csíralemez) tölti ki. Testnedvei a sejtek közt szabadon áramlanak, az ingervezetést pedig a középső csíralemez sejtjei közt elhelyezkedő, két vagy több pólusú, csillagformájú ún. érzősejtek látják el. Ugyanitt

foglalnak helyet az ivarszervek primitív formái, az ivarsejt csomók, amelyek az ektoderma (külső csíralemez) állandósuló nyílásán jutnak a szabadba. Az oxigénfelvétel és a bomlástermékek eltávolítása közvetlenül az ektoderma-sejtek falán keresztül történik, vagy az ezek közti réseken.

A férgek több csoportjában ismerünk olyan típusokat, amelyek (a fenékiszapban beásva élő alakokról beszélünk itt) segítségével megmagyarázhatjuk a gerinces test létrejöttének néhány alapvető jellegzetességét.

A tengerfenék nagyszámú féregcsoportja közt igen sok él az iszapba fúródva. Ahhoz azonban, hogy ezek ilyen körülmények közt zavartalanul táplálkozhassanak, feltétlenül szükséges, hogy a bomlástermékek ne ugyanazon az úton távozzanak el, amelyen a táplálék felvétele történik. Míg ugyanis a vízben szabadon mozgó alakokra nézve a veszély igen kicsi, hogy a táplálékfelvétellel a már kilökött bomlástermékek újra a bélcsatornába jussanak, addig a szűk alagútban, az iszapon keresztülfurakodó állat nagyon is ki van téve ennek a veszélynek. Még inkább fennáll ez a veszély, ha az állat az iszapba befurakodva, egy helyben marad, és csak a szájnyíláshoz a vízmozgással odasodort tápanyagokkal táplálkozik. Ebben az esetben életfeltételként lép fel a külön végbélnyílás szükségessége. Hozzájárul még ehhez az a tény, hogy az iszapban előrehatoló állat teste megnyúlik, hosszú bélcsatornája tehát mind kevésbé képes a szájon keresztül kipréselni a bomlástermékeket. Ebből következik, hogy az emésztési végtermékek végül is a test szájnyílással ellentétes végének táján elhelyezkedő, folyékony bomlástermékek eltávozására képződött csatornák egyike felé fognak utat találni, és így mechanikusan az önálló végbélnyílás létrejöttéhez vezetnek.

Mint az előbb láttuk, ezek az ősi férgek még ugyanazon a nyíláson, a szájnyíláson lökik ki a táplálkozás megemészthetetlen végtermékeit, amelyiken a táplálékot felvették. Az anyagcserének ez az ősi formája (pl. a ma is élő laposférgek esetében) azonban a legtöbb csoportban fejlettebb berendezésnek adja át helyét, ahol már a szájnyílással ellentétes testvégen az emésztési végtermékek eltávolítását szolgáló végbélnyílás alakul ki. A fejlődési folyamat azonban természetesen nem volt olyan egyszerű, mint azt itt leírjuk.

De bármekkora időt is számítunk ennek a fejlődési folyamatnak a kialakulására, a folyamat mechanizmusáról valójában édeskeveset mondhatunk. Egyelőre meg kell elégednünk azzal a feltevéssel, hogy ennek így kellett lezajlania. Minden esetre ezzel létrejött az anatómiai állapot, amelyet a rendszertan *protostomiá*nak nevez, illetve az ilyen berendezésű állatokat a *Protostomia* főtörzsbe sorolja.

Grobben német kutató ezekkel állította élesen szembe a többi törzset *Deuterostomia* (újszájúak) néven. Ezeknek (mint a nevük is utal rá) a szájnyílása nem azősszájból (a protostomiumból) alakult ki, hanem ennek végbélnyílássá történt átalakulása kapcsán a test ellenkező végén, egy újonnan keletkezett nyílás formájában jött létre. Ez a folyamat a gerincesekben és az ősgerinchúrosokban elég bonyolult. De éppen ez a bonyolult kialakulási folyamat jön segítségünkre magának a folyamatnak közelebbi megismeréséhez, illetve megmagyarázásához.

Kövessük nyomon, hogyan indul el a zsákállat, a lándzsa-„hal", vagy más igen ősi gerinchúros állat embrionális fejlődése?

A sejtosztódás első lépései nem tárnak elénk semmi különlegeset. Az ősi bélüreges *(gastrula)* fokozatig a gerinctelenek közt általában elterjedt fejlődési lépcsőket futja végig a gerinchúros állat is. Itt azonban egy olyan lépést iktat be a fejlődés, amilyennel sehol másutt nem találkozunk. A merőleges tengelyben jelentősen megnyúlt test egyik végén ülő ősszájnyílás „ajka" az egyik oldalon erősen növekedni kezd. Olyannyira, hogy az egész szájnyílást befedve átborul a másik oldalra, majd ezt beborítva tovább nő az ellenkező testvégig, ahol a leborított eredeti ősszájnyílás

helyett egy új nyílás keletkezik. Ennek következtében az eredeti ősbélüreg U alakban visszahajló ággal hosszabbodik meg. Az ősbélüreg új ága a régihez képest az embrionális fejlődésben kicsiny, vékony csövecske, mely lefűződve — a magasabbrendű gerincesek gerincvelő-kezdeményeként — fejlődik tovább. A befedett eredeti ősszáj helyén újra keletkezik egy nyílás, a végbélnyílás, míg a test ellenkező végén új szájnyílás alakul ki, — az ősi végbél-nyúlványból, ha van ilyen.

Ez a bonyolult folyamat az embrió fejlődésében még valahogy érthető. A gerincesek és egyéb gerinchúrosok őseinek történeti kialakulásában azonban látszólag teljesen értelmetlen és valószínűtlen, hacsak az életmód többszöri változtatása nem kényszerítette erre ezeket az állatokat. Ennek a többszöri, gyökeres életmód-változtatásnak lehetett azután a következménye az a bonyolult, többszöri átalakulás, amelynek nyomait az említett embrionális fejlődés a mai napig megőrizte.

Kíséreljük meg ezt a fejlődést nyomon követni.

Kiindulási pontunk a megnyúlt testű, egyszerű, még csak szájnyílással rendelkező, bélcsatornás, féreg alakú, a vízben vagy vízfenéken élő, és mikroszkópi kicsinységű élőlényekkel, növényi korhadékkal táplálkozó ősállatok. Ezek közül különösen a korhadó anyagokkal táplálkozók, de a vízfenék apró véglényeire vadászók is specializálódtak a vízfenék laza iszapjában furkáló-turkáló életmódra. Ez az életmód viszont azt hozta magával, hogy az állat — élete nagy részében — magavájta alagutakban mozgott, ami viszont az oxigénfelvétel és a bomlástermékek eltávolítása szempontjából okozott nehézséget. Ezért a test bizonyos részének időközönként a szabad vízfelülettel kellett érintkeznie. Ez a jelenség annál sürgetőbben jelentkezik, minél nagyobb a test, tehát minél több a felszíntől távolabb fekvő sejtréteg, amelynek oxigénfelvétele és bomlásanyag-eltávolítása közvetlenül nem mehet végbe.

Bizonyos okok alapján azonban valószínű, hogy még a szervezet ilyen irányú alkalmazkodása előtt egy másik, a gerincesek kialakulása szempontjából sokkal nagyobb jelentőségű esemény zajlott le. Erre a gerinchúrosok gerincvelő-csövének kialakulása figyelmeztet.

Gyakran találkozunk olyan iszaplakó alakokkal, amelyek U alakú járatokban mozognak. Hol szájnyílásukkal, hol — az U cső másik szárán — végbélnyílásukkal bukkanak fel a járat egyik vagy másik végén, aszerint, hogy a cél a táplálékszerzés-e, vagy az ürülék eltávolítása. Minél mozgékonyabb az állat, annál nagyobb lesz ez a járat. Viszont minél inkább helyhez kötött életre tér át az állat, annál kisebb lesz a járata. Gyakorlatilag csak akkora, hogy az U alakban meghajlott állat mindkét testvége elérhesse a járat nyílását. Ez az életmód olyan esetekben következik be, amikor az állat csak védelem céljából bújik el az iszapba vagy a homokba, táplálékát azonban a felszínen ide-oda mozgó rengeteg mikroorganizmusból fedezi. Ennek az életmódnak a további változatában egyetlen lakógödörben fekszik az U alakban meghajlott állat. Az ilyen állat teste azután végül maga is összenő az U alak két szára mentén, és a külsőleg egységes zsákot alkotó állat testén csak az egymás mellett elhelyezkedő két testnyílás, a száj- és végbélnyílás, ill. az ezeket összekötő, U alakban meghajolt bélcsatorna emlékeztet e különleges alkalmazkodás előtti felépítésre.

Talán megemlíthetjük, hogy a fejlődés e fokán az állat lakóüregét a belekerülő bélsár, az állat váladéka lassanként állandó alakú lakóüreggé tapasztja ki. Ez fejlettebb fokon az állat által rendszeresen kiválasztott lakócsővé állandósul. Ettől pedig — miután a cső maga éppen elég védelmet nyújt — csak egy lépés a vízfenék iszapjából szabadon a vízbe kinyúló lakócső kialakulása. Az utóbbi természetesen azzal az előnnyel jár, hogy az állat — a teljes védelem előnyét fel nem adva — nemcsak a vízfenéken mászkáló, hanem a vízben szabadon uszkáló mikroorganizmusokhoz is hozzáférhet.

Az iszapban vagy homokban rejtőző életmód elhagyásának másik módja a szabad vízbe való kimászás volt. Erre nyilván a kevésbé nehézkes alkatú formák voltak képesek.

Elméletileg ezt a fejlődésmenetet képzelhetnénk el a gerincesek és zsákállatok közös őseire is, ha ennek egy embriológiai megfigyelés nem szólna ellene. Ami ellene szól, az a következő. Ha egy ilyen U alakú, meghajlott bélcsatornájú állat a vízben szabadon mozgó életmódot folytat, – szervezetében teljesen alkalmatlanná és ésszerűtlenné válik a mozgási irányban, a szájnyílás mellett nyíló végbélnyílás. Érthető, ha ugyanolyan mechanizmus hatására, mint az eredeti végbélnyílást létrehozó erő, a szájnyílással ellentétes testvégen egy másodlagos végbélnyílás jön létre. Ennek viszont az lesz a következménye, hogy az első és a második végbélnyílás közti bélszakasz funkcióját veszti és visszafejlődik. Így kialakul a működésben levő bélcsatorna mellett egy a két végen elhelyezkedő száj, és másodlagos végbélnyílással határolt, elcsenevészedett párhuzamos csatorna.

Eddig minden érthető. De van két ellentmondó nehézség. Az egyik, hogy ebben az esetben az ősszájnyílásnak kellene véglegesnek lennie. A másik nehézség abban rejlik, hogy az embriológia szerint a végleges, tehát másodlagos szájnyílás kitörése csak az ősszájnyílás egyik ajkának az U alakú bélcsatornát létrehozó, a másik testpólusig terjedő visszanövése után következett be, kb. akkor, amikor az elzárt ősszáj helyén a végleges végbélnyílás tört át.

Az embriológia tényei tehát fordított táplálékmozgatási irányt és eltérő sorrendet kívánnak az új száj- és végbélnyílás keletkezésének magyarázatához.

Mindezt azért mondtuk el ily részletességgel, hogy érzékeltessük az olvasóval: mennyire kell vigyázni a folyamatok logikailag helyesnek látszó láncaival, és mennyire fontos, hogy azokat valós adatokkal ellenőrízzük. Ezek az adatok pedig embriológiai tényekkel ellenőrzött sorrendben a következő történeti kialakulást valószínűsítik.

Elsőnek a zsákforma állat testén az ősszájnyílás említett ajak-átnövése következett be. Csak ezután kerülhetett sor a végbélnyílás kialakulására az új szájnyílás és az ősszáj eredeti helye közelében való átfúródás következtében.

Ennek a fejlődésmenetnek a magyarázatára egyelőre aligha vállalkozhatunk. Ezt legfeljebb tudomásul vehetjük. Ha mégis ragaszkodunk valami elfogadható munkahipotézishez, akkor arra gondolhatunk, hogy — amint ez az állatvilágban nem is olyan ritka — itt az állat valamilyen okból helyváltoztatáskor hátrafelé mozgott és nem előre, mint pl. a tarisznyarákok, melyek ehhez a mozgástípushoz anatómiailag is messzemenően alkalmazkodtak. Ez az alkalmazkodás a gerinchúrosok ősein a szájnyílás hátravándorlását vonta maga után. Ezért nem voltak kitéve annak a veszélynek, hogy mikor az állat előre ásta magát az iszapban vagy a homokban, — a szájnyíláson keresztül a bélcsatorna menthetetlenül megteljék iszappal.

Azt viszont nem kell magyaráznunk, hogy a bélcsatorna ilyen elrendezése a táplálék felvétele és az emésztési végtermékek eltávolítása szempontjából nagyon is bonyolult volt. Érthető, hogy ezt az alkalmazkodást hamarosan a szervezet további „átrendeződésének" kellett követnie. Ezt az „átrendeződést" azonban — valószínűleg — az életmód lényeges megváltozása indította el vagy segítette elő. Ezt a változást pedig az iszapban-homokban lakó állat nyiltvízi életmóra való áttérése okozta. Az életviszonyok és a környezet megváltozása váltotta ki a bélcsatorna U alakú behajlásában, tehát a régi szakaszból kifelé tartó emésztési végtermékek és az új szakaszon befelé tartó friss táplálék ütközési helyén a másodlagos végbél kinyílását, de később az ellenkező testvégen az új szájnyílás megjelenését is. Az utóbbit nehezen tudnánk másképp elképzelni, mint úgy, hogy a bélcsatorna tágasabb elülső szakaszának a végbélnyílással ellentétes végén az egyik oldalsó, bomlástermék-elvezető nyílás áttörte a bél

falát. Ez a nyílás azután fokozatosan tágult ki bő szájnyílássá. Ezen keresztül a víz nagyobb mennyiségben juthatott a bélcsatornába, miközben a vele együtt a bélbe besodródott apró élőlényeket az állat megemésztette. A bélen keresztülhatoló víz kezdetben az új végbélnyíláson át távozott a testből, később mindinkább a test oldalain megnyílt további bomlástermék-elvezető járatocskákon (*protonephridium*okon) keresztül. Ezáltal a vizet az állat valósággal átszűrte, csak a visszamaradó apró szervezetek, a mikroorganizmusok sodródtak tovább a bélbe, megemésztés céljából.

Ezalatt a szűkebb, másodlagos bélszakasz tovább szűkülve kikapcsolódott a táplálékfelvétel folyamatából és mindinkább új szerepet vett át. Ez a szerep: a másodlagos bélszakaszon áthaladó mechanikai, fizikai, kémiai stb. hatásokat „érzékelte" az üreget kibélelő hámszövet segítségével. Így lassanként ingerfelvevő és ingerkeltő szervvé vált. Ezzel létrejött a későbbi gerincesek központi idegrendszerének alapja, a gerinccső, a későbbi gerinc- és agyvelő ősi formája.

Valahol, a gerinchúros állatok kialakulásának ezen a táján jelenhetett meg egy újabb — látszólag igen jelentéktelen — változás a csoport belső szervezetében. Ez pedig semmi egyéb, mint egy sekély hosszanti árok a bélcsatorna egész hosszában. Talán az az árok, amely a beáramló vízből kiszűrt apró élőlényeket vezette az emésztőbélbe. Ez az árok később egészen bezárult, csatornává vált. Eredeti rendeltetését elvesztve, a bélcsatorna és a gerinccső közt lefutó csővé alakult, s létrejött a gerinchúr (*chorda dorsalis*), melyet sejtek töltöttek ki. Ez a rugalmas, pálcaszerű berendezés az első kezdeménye a gerincnek.

Visszatérve a gerincesek őseire, fel kell tételeznünk, hogy ezen a ponton újabb életmód-változáson mentek keresztül. Legalábbis a zsákállatokkal szemben feltűnő új szervezeti berendezéseik ezt valószínűsítik.

Úgyanis míg a zsákállatok további fejlődése a fokozatosan kitáguló, varsaszerű előbéllel és fokozatosan visszafejlődő hátsó testszakasszal jellemezhető szervezeti felépítés útján haladt tovább, addig a gerincesek törzsfejlődése más útra tért.

Ennek az új útnak a legjellemzőbb tünete az oxigénfelvétel, tehát a légzés szerveinek a kibontakozása. De itt nemcsak a légzőszervek kifejlődésének a ténye a lényeges, hanem még sokkal inkább a megoldás módja. Ha megnézzük, hogy a gerincteleneknek milyen megoldásokat nyújt a természet, akkor azt látjuk, hogy leggyakrabban a test azon tájain, amelyek körül leginkább biztosítható az állandó friss víz jelenléte (tehát ahol leginkább lehet mozgatott vízre számítani), — gazdagon tagolt, elágazó testfüggelékek alakulnak ki. Ilyenek láthatók a szájnyílás körül, a végtagok tövében, a test oldalain, de alkalomadtán másutt is. Csak magasabb fejlődési fokon találkozunk olyan esetekkel, ahol ezek a függelékek a test többé-kevésbé védett bemélyedéseiben foglalnak helyet. Még későbbiek az olyan megoldások, ahol a testfelszínről bonyolultan elágazó csatornarendszerek szállítják az oxigént nyújtó közeget (ebben az esetben már nem is a vizet, hanem a levegőt!) a test egyes részeibe.

Alapvetően eltérő megoldással találkozunk az ősi gerinceseknél. Itt — a zsákállatokkal közös ún. chordata-állapot hagyatékaként — az állat a táplálékfelvétel céljából a bélcsatornán keresztülhajtott vízből a bélcsatorna felületén át veszi fel a szükséges oxigént.

Mármost, ha ezek a legősibb gerincesek továbbra is a vízben szabadon úszó életmódot folytattak volna, akkor kétségtelenül fölöslegessé vált volna ennek az oxigénfelvevő rendszernek a továbbfejlődése. Az a tény, hogy az előbél felülete redőkkel, zsákszerű betüremkedésekkel hatalmasan megnagyobbodott (ami az oxigénfelvételt ellátó hámfelület megsokszorozódását vonta maga után), kétségkívül arra utal, hogy a nyílt vízben úszó alakokkal szemben megszűnt a testfelület szabad oxigénfelvétele, s a test csak a bélcsatornán keresztüláramló vízből nyerhette a szükséges oxigént.

Ez kétségtelenné teszi, hogy az állatok testfelülete egyáltalán nem, vagy alig érintkezett a szabad vízfelülettel, és attól elzártan feküdt. Ami más szavakkal annyit jelent, hogy ezek az állatok újra iszapba, homokba befúródva éltek. Ez természetesen számos kisebb-nagyobb változást vont maga után. Ezek azonban már a legősibb gerincesleletek révén ismert tulajdonságai a lassú fejlődéssel idáig jutott ősi törzsnek.

Miközben ezeket a szervezetbeli jellegzetességeket igyekeztünk fejlődésükben magunk előtt elvonultatni, csak azt a néhány legszembeszökőbb felépítésbeli sajátosságot vettük figyelembe, amelyek a gerinceseket és ezek korai őseit a gerinctelenek törzseitől elválasztják. Ugyanekkor több olyan szerv fejlődését figyelmen kívül hagytuk, amelyek az állatvilág magasabb specializálódás fokára jutott más törzseinél is nagyjából azonos formában vagy hasonló módon alakultak ki. Ezekre itt a teljesség kedvéért mégis utalunk, de — az ismétlések elkerülése érdekében — nagyon lerövidített formában.

Itt elsősorban a nedvkeringés, az ingervezetés, a kiválasztás és a fényérzékelés berendezéseire illetve szerveire gondolunk. De ugyanitt még tárgyalnunk kell egy kérdést, talán a gerincessé válás egyik leglényegesebb kérdését: a testszelvényezettség kialakulását, ami a gyűrűsférgeken és ízeltlábúakon is alapvető jelleg.

A testnedvek — mint a korábbiakból tudjuk — kezdetben szabadon keringtek a szövetek és sejtek között. Csak hosszú fejlődés eredményeképpen jöttek létre az állandó testnedv-vezető pályák. Előbb csak a legfontosabbak állandósultak annyira, hogy saját faluk is volt már. Később mind több mellékesebb pálya kapott állandó falat, míg kialakult a véredényrendszer és — sokkal tökéletlenebb fokon — a nyirokrendszer. A véredényrendszer néhány fő ága a kezdeti alkalmi és szükség szerinti megrándulások helyett ritmikus mozgást kezdett végezni. Lassanként elindult az irányított véráramlás kialakítása, egyes helyeken a visszaáramlást akadályozó billentyűk kifejlődése stb. A gerincesek ismert legkezdetlegesebb képviselőjén, a lándzsahalon, még ezt a fejlődési fokot ismerjük fel. A hiányzó szív szerepét néhány fő véredény látja el. Innen származik tudományos nevük is: *Leptocardii*, vagyis csőszívűek.

A bomlástermékek eleinte a testfelület számos pontján, a hámsejtek közt távoztak el az erre a célra kialakult állandó réseken, illetve az ezekhez vezető kis csatornák rendszerén át. Ez a kiválasztó szervek megjelenését megelőző legősibb, primitív fejlődési fokú állapot. A test oldalain párosával, szelvényenként kialakuló ilyen protonephridiumok alakotják ezt a rendszert. Csak magasabb fokon indul meg a kiválasztó szervek centralizálódása a test hátsóbb részeire.

Az ingervezetés berendezései már messze túljutottak az összefüggő, de nem központosított ideghálózat fokán. A bélcsatorna-eredetű gerinccsőhöz igen korán csatlakozik a szelvényenként központosult idegpályák rendszere. A gerinccső viszont lassanként a szájnyílás állandósulása révén a gerinccső nyílásával azonos testvégen ingerfelvelő és idegi szabályzó centrum kialakulását kezdeményezi, ami a gerinccső e végének megerősödését, más szóval az agy kezdeményének a kialakulását jelenti. Ezen a fokon találjuk a csőszívűek ma is élő képviselőit, a lándzsahalakat.

Láthatjuk, hogy az állati szervezet kialakulásának, egyre bonyolultabbá válásának, tehát a gerinctelenek megfelelő fejlődési fokozatainak kapcsolása nem okoz nagyobb nehézséget a gerincesek fejlődéstörténetének áttekintésekor. Hiszen a zsákállatok és a csőszívűek igen kezdetleges felépítésű szervezete kitűnő élő példákkal szolgál.

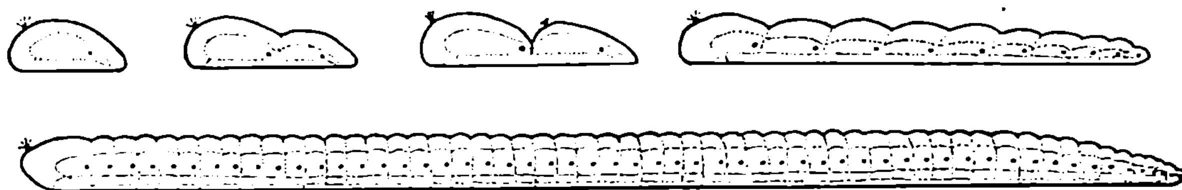
Ezzel szemben feltétlenül vitás még a gerincesek, illetve őseik szelvényezettségének történeti kialakulása, a szelvényeződésnek a fejlődés többi lépcsőfokához viszonyított időpontja.

A legmagasabb fejlettségű gerincesek, a madarak és emlősök is több szervezet-

beli sajátosságukkal utalnak a szelvényezettségre. Elég talán a gerincoszlopnak csigolyákra való tagolódását, a bordákat, bordaközi izmokat, az agy- és gerincvelőből szakaszosan leágazó idegpályákat felsorolni.

Ahogy a gerincesek kezdetlegesebb fejlettségi fokon vesztegló csoportjai felé közeledünk, úgy jelentkezik a test felépítésében a szelvényezettség mind több és több emléke. A mai ismert gerincesek legalacsonyabb fejlettségi fokot képviselő alakjainak, tehát a csőszívűeknek már igen sok szerve bizonyítja a szelvényezettség kétségtelen nyomait. Így elsősorban a kiválasztószervek ismétlődése az, ami ezt az ősi szelvényezettséget elénk tárja. De semmivel sem kevésbé meggyőző az egész törzs-izomzat szigorúan szelvényezett tagolódása, ami a halak valamennyi csoportján máig is fennmaradt. Ezek a tünetek az embrionális fejlődés során valamennyi csoporton fokozott mértékben ismerhetők fel.

Mindez arra a feltevésre kényszerít bennünket, hogy a gerincesek illetve a gerinchúrosok is valamennyien olyan ősöktől származnak, amelyeknek teste ismétlődő,



1. A tagolt (szelvényes) ősgerinces-test kialakulása az egyszerű testüreges (coeloma) *állatból, az állattelep-fokon keresztül* — Hatschek *elmélete szerint* (Naef *nyomán)*

egymás mögé sorakozó tagokból, szelvényekből tevődött össze. Ezekben a szelvényekben kezdetben valamennyi szerv és berendezés ismétlődött, és csak később a specializálódás folyamán korlátozódtak fokozatosan testtájakra. Így pl. a légzőbél a maga zsákos betüremkedéseivel és nyílásaival (kopoltyúnyílások) a száj mögötti elülső testtájra, míg a kiválasztó- és ezekkel fokozatosan kapcsolódó ivarszervek a test hátsó szakaszára korlátozódnak.

Embriológiai adatok, főleg azonban a gerinctelenek ún. ivartalan szaporodásának számos példája azt a feltevést valószínűsíti, hogy a gerincesek szelvényezettsége az ősök egyszerű egyénekből összetett teleppé válásának nyomait hordja magán. Vagyis azt kell feltételeznünk, hogy a gerincesek, illetve általában a gerinchúrosok igen korai elődei szelvényezetlen állatok voltak, amelyeknek testében nem ismétlődtek sorban az egyes szervek. Későbbi fejlődésük során viszont a gerincteleneknél oly gyakori ivartalan szaporodás kapcsán az állatok bimbózással több-kevesebb leányállatot hoztak létre. Ezek azonban nem szakadtak le az anyaállatról, hanem rajta maradva, vele láncforma állattelepet alkottak. (1. ábra) A törzsfejlődés igen hosszú, kétségkívül több száz millió éves további szakasza kellett ahhoz, hogy az állattelep-felépítés a telep-egyének telepen belüli helyzetétől függő specializálódását odáig vigye, hogy a számtalan egymás mögé sorakozó állatból felépített állattelep már teljesen az egységes állat külsejét vegye fel. Ezen azután csak a belső szervezet egyik-másik sajátsága vagy embriológiai felépítése árulkodik az egykori állattelep-felépítésről. *Hatschek*nek, a bécsi egyetem volt tanárának ez a felismerése már 85 éves. Azóta sem tudták cáfolni, sőt évről évre szaporodik a bizonyító adatok száma.

A zsákállatok telepeiben az egyéniségüket és egyforma testalakjukat megtartó telep-egyének önállóságát senki sem vitatja. A telepes korallok fejlettebb alakjairól már nem egy esetben *(Maeandrina)* lehetetlen volna megmondani, hol végződik az egyik egyén és hol kezdődik a másik. Ugyanígy vita tárgya számos telepes medúza

esetében, hogy sok egyénből összetett teleppel vagy egyetlen egyénnel van-e dolgunk. De vajon kinek jutna eszébe felvetni, hogy testünk nem egy osztatlan egyént hord, hanem sok-sok egyén összeolvadásából keletkezett telep, ha a zoológus és embriológus adatai le nem lepleznék évmilliárdos múltunk e döntő fejlődési lépcsőjét?

Évmilliárdot mondtunk. Ennek nem egészen a fele esik a gerincesek ősmaradvány-bizonyítékokkal közvetlenül alátámasztott történetére. De már addig is legalább egy félmilliárd év zajlott le, amíg a gerinctelen soksejtű állatok egy csoportja elindulhatott azon az úton, amelynek végén az ember áll.

A legrégibb gerinces-leletek

Mi marad meg a lándzsahal elpusztulása után — minden szilárd elemet nélkülöző, kocsonyás testéből? Bizony semmi. A gerinctelenek esetében láthatjuk, milyen ritka, hogy a szilárd váz vagy héj nélküli állatból a legfinomabb iszaprétegekben a test lenyomata megmaradhat. De mi maradhat meg 500—1000 millió év múltán a gerincesek legősibb képviselőinek lágy testéből? Nem csoda, ha nyomukat sem ismerjük. Csak az első páncélos testű alakjainak maradtak meg a maradványai, de hát ezek megjelenéséig hosszú fejlődésen kellett a gerincesek őseinek átesniök, és addig bizony sok százmillió év telt el.

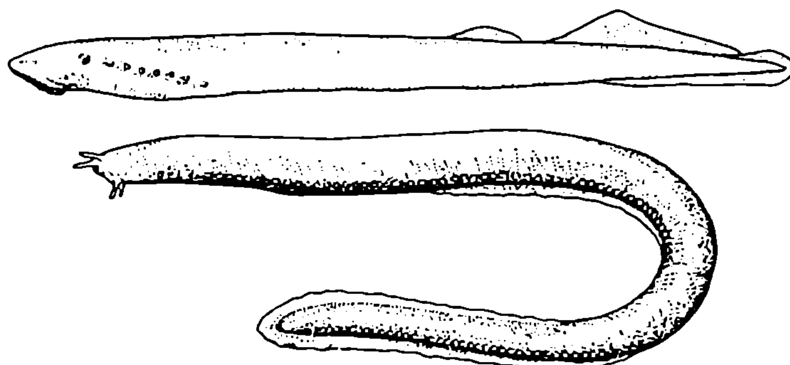
Az újabb radiokarbon-időszámítás szerint jó 400 millió évesek azok a rétegek, amelyekből az első gerincesek maradványainak tekinthető leletek előkerültek Észak-Amerika ordoviciumi időszaki (az európai nevezéktan szerint alsó szilurnak nevezett) képződményeiből. Ezek a leletek apró csillagszerű pikkelykék, az eddig ismert legrégibb gerinces „páncélzat" maradványai. Ezek mellett az *Astraspis* és *Eryptychius* néven leírt apró nyomok mellett ugyanebben az időben jelennek meg a Föld történetében először a *Conodonta* néven ismert, később a rétegek korhatározásában az egész földtörténeti ókor folyamán elsőrendű jelentőségű maradványok. Ma sem tisztázott, hogy ezek a kis fogazott állkapocs formájú ősmaradványok tulajdonképpen ősi szabású, puhatestű gerincesektől származnak-e, vagy gyűrűsférgek maradványai. Ma inkább gerinces-maradványoknak tekintik őket a nem-gerinces specialisták; a gerincesekkel foglalkozó szakemberek szívesebben tekintik ezeket a rétegtan szempontjából nagy fontosságú, de a gerinces-rendszertan szempontjából igen kényelmetlen apró maradványokat a gyűrűsférgekhez tartozóknak.

A szoros értelemben vett szilúr időszak, tehát az európai kortáblázat felső szilurja óta ismerünk gerinces-ősmaradványokat.

Tulajdonképpen nehéz volna ezt a roppant változatos ősgerinces társaságot néhány tulajdonsággal jellemezni. Alakra, de valószínűleg életmódra is igen különböző, többé-kevésbé halakra emlékeztető, hol oldalt, hol hát-hasi irányban összenyomott testű kis állatok ezek, testüket vagy apró rögszerű vagy pajzsocska-formájú pikkelyek fedik. Olykor testük igen változatos felépítésű; vagy csak a test elülső részére kiterjedő, vagy a farok kivételével az egész testet fedő, összefüggés nélküli pajzsokból álló, vagy héjszerű, egységes páncélt alkotó külső burkuk van. Csak két vonatkozásban egyeznek meg. Szájukat nem állkapcsok támasztják, mint a magasabbrendű gerincesekét, és valamennyien édesvízi üledékekből kerültek elő. Emellett jellemző még rájuk, hogy vagy külső páncél fedi testüket, vagy belső porcos váz van bennük. De mindenképpen valamilyen váz- vagy páncél-elem alakult ki rajtuk. Ez tette lehetővé, hogy egyáltalában megmaradhattak az utókor számára. Éppen ezért bizonyosra vehető, hogy ezek nem az egyedüli gerincesek voltak. Valószínűleg nagy-

számú és változatos váz- és háznélküli, így megmaradásra egyáltalán nem alkalmas ősgerinces is élt abban az időben.

A szilur illetve az ordovicium óta tehát voltak olyan alakok, amelyek szilárd vázelemeik révén alkalmasak a fosszilizálódásra. Ezek viszonylag közeli rokon-



2. *Két ma is élő, igen ősi gerinces-típus; fent a folyami* (Petromyzon), *lent a tengeri ingola* (Myxine)

ságban állnak a ma is élő ún. ingolák v. körszájúak *(Cyclostomata)* kis csoportjával, (2. ábra) míg a lándzsahal rokonságába tartozó még kezdetlegesebb alakok (megmaradásra alkalmas szilárd vázelemek hiányában) nem maradtak fenn az utókorra.

Ősgerinces avagy hal?

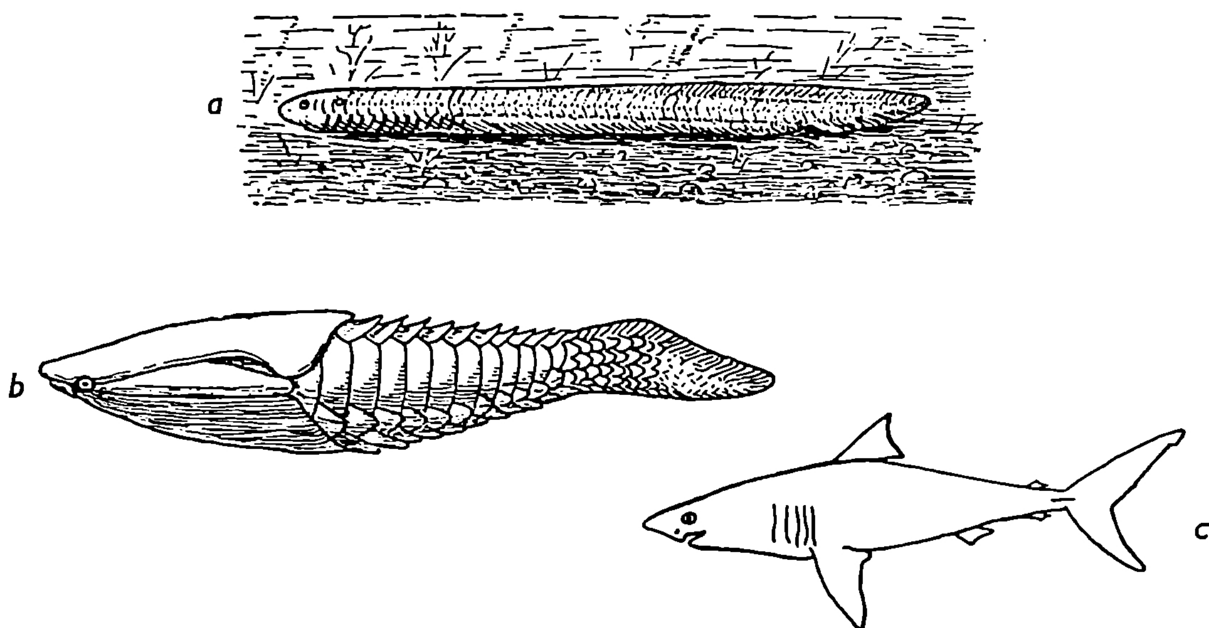
Mindig baj van, ha látatlanban készítünk ruhát valaki számára.

Ez történt a gerincesek egyik nagy csoportjával is. Megalkották a halak *(Pisces)* osztályát — 1758-ban — anélkül, hogy sejtették volna, mi mindent fognak a szakemberek 1—2 évszázad múlva ebbe a fogalomkörbe belegyömöszölni.

A probléma azzal kezdődött, hogy a zoológia a körszájúakat és a cápa-rája féléket sorolta ide. (3. ábra) Már *Linné* érezte, hogy nem ide valók, de ő még nem tudott velük mit kezdeni. Ezért eleinte az előbbieket a férgekhez, az utóbbiakat a kétéltűekhez csapta, sok más egyébbel együtt. Azután felfedezték a csőszívűeket, a lándzsahalféléket. (4. ábra) És alig, hogy a zoológia a halak fogalomkörén ezt a nem éppen szerencsés bővítést végrehajtotta, máris jöttek a paleontológusok, s egy csapat ősleényt soroltak (minden különösebb aggály nélkül) a halak közé. Ezzel azután elérték azt, hogy mindaz, aminek „legalább" gerinchúrja volt és vízben élt, gyakorlatilag a halakhoz került.

De már a múlt század közepén J. *Müller* rájött, hogy túl heterogén állatcsoportok kerültek a halak gyűjtőfogalma alá. Ezért előbb még csak a halak osztályán belül különböztetett meg 6 alosztályt, később azonban a halak egységes osztályát feladva 4 önálló osztályt állított fel a helyébe.

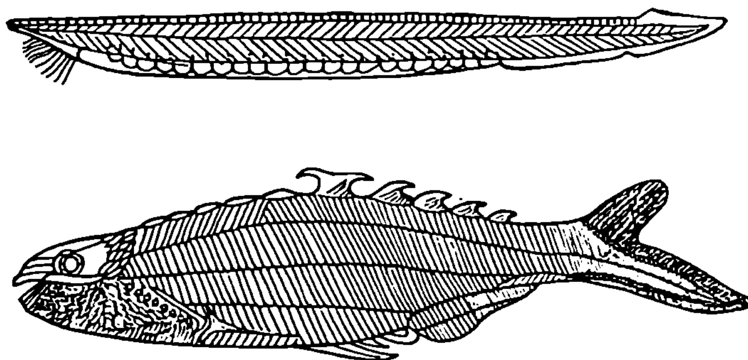
Hosszú utat tett meg a rendszertan, míg a ma korszerűnek tekintett rendszer-változatokig eljutott. Ám nem kétséges, hogy még hosszú utat kell megtennie, amíg az alacsonyabb fejlettségű gerincesek rendszerezése legalább nagy vonásokban nyugvópontra juthat. Ettől ma még elég messze vagyunk, hiszen a legáltalánosabban elfogadott *Berg*-féle rendszerben már 120 rend, 12 osztály, 2 főosztály és 2 altörzs képviseli a valaha egyetlen osztályba sorolt halakat, tehát a ma ismert 20 000 halfajt.



3. *Három ősi gerinces-típus.* a) *A legősibb gerinces fejlődési fok rekonstruált képe* (Naef *nyomán*)*;* b) *egy ősi tobozpáncélos „hal"* (Poraspis) *rekonstruált képe;* c) *egy ma élő cápa* (Carcharodon)

Mindenesetre a régi értelemben vett halak osztályának feldarabolására jellemző, hogy egyik csoportjuk, a csőszívűek — amennyiben még egyáltalában a gerincesekhez sorolhatjuk őket — az összes többi gerincessel szembeállított altörzset képvisel. Ez az *Acrania,* a koponya nélküliek altörzse. További 5—6 osztály — az állkapcsos gerincesek egységes főosztályát *(Gnathostomata)* képviselő többi gerinces állatokkal szemben — az állkapocsnélküliek *(Agnatha)* főosztályát alkotják. Az állkapcsosok főosztályán belül a halak többi osztálya áll szemben a négylábú gerincesek osztályaival — azonos értékű osztályként.

Tárgyalásunk során ennek a kérdésnek a részleteire még többször visszatérünk. Itt csak azt kívánjuk még egyszer hangsúlyozni, hogy a rendszertan régi álláspontját visszatükröző, a mindennapos nyelvhasználatban rögzült *hal* fogalma a tudomány mai állásfoglalásában egyáltalában nem állja meg a helyét. Ezért használjuk itt is min-



4. *A ma is élő lándzsa-„hal"* (Branchiostoma) *és egy igen ősi felső szilurkori gerinces-típus* (Birkenia) — *a gerincesek kialakulásának két korai elágazása*

denütt az ősgerinces kifejezést olyan esetekben, ahol az olvasó gondolkodás nélkül a hal gyüjtőfogalmát tartaná természetesnek. A „halak" elnevezést tehát erősen leszűkített értelmezésben, csakis a fejlődéstörténeti és rendszertani-anatómiai tekintetben egységes *Pisces* osztály tagjaira alkalmazzuk.

A fej kialakulása

A hétköznapi életben úgy hozzászoktunk ahhoz, hogy ami él és mozog, annak feje is van, hogy az olvasó ezt a címet kissé furcsállhatja. Mi köze ennek a történetnek egy olyan alapvető, nyilván a fejlődéstörténet kezdetére utaló fejezethez?

És mégis ide tartozik ez a fejezet.

A magasabbrendű gerincesekre vonatkozólag nem kérdéses, hogy mi a fej. Itt a törzstől a nyakkal elválasztott, különleges szerepében messzemenően kiegyénült alakú és működést kifejtő *fej* fogalmi önállósága körül nincs is vita. Nem kételkedünk a rovarok fejét illetően sem. De már pl. a pókokon, rákokon vagy százezer egyéb ízeltlábún a test elülső része összeolvad a test többi részével, vagy pl. a férgek jó részén a fej szerepe megoszlik a törzs elülső részének számos közel azonos felépítésű és szerepű szelvénye között. Végül másokon a test egész szabása olyan, hogy fej kialakulására nem is kerülhet sor.

De térjünk vissza a gerincesek közvetlen elődeire, illetve legősibb szabású képviselőire. Ezeken a száj- és végbélnyílás többszöri helycseréje a legjobb bizonyítéka annak, hogy nemcsak fejről, de még a test elülső és hátsó végéről sem beszélhetünk úgy, amint azt tesszük a magasabbrendűek esetében, amelyeken ezek a testtájak végleg állandósultak. Természetesen nem alakulhat ki ilyen azon az állaton sem, amely helyhezkötött, sőt az ilyen a legtöbbször védőburokba (ház) bújtatott életmódot folytat.

A testtájak rögzítése, ezen keresztül pedig a fej megjelenése azonban rögtön bekövetkezik, amint a vízben szabadon mozgó életmódot folytató állatról van szó. Ebben az esetben az elülső testvégen elhelyezkedő szájnyílás közelében tömörül — részben a tapintás kivételével — valamennyi érzékszerv központja: a fényérzékeny sejtcsoportok, illetve magasabb fokon a szemek; a szaglóidegek; a vegyi ingerfelfogás (ízlelő) idegek központjai. A gerinccsatorna nyílása révén pedig ugyanide vezetett az egész központi idegrendszer elosztó „telepe" is. Természetes, hogy ennyi idegközpont csatlakozása, illetve kiágazása a gerinccsatorna elülső végződésének jelentős megerősödésével, megvastagodásával is járt. Ez azután a hátulsó testvégtől élesen elütő fejtájék kialakulására vezetett. Természetesen mennél élénkebb mozgásúak voltak ezek az ősi alakok és mennél aktívabban táplálkoztak,* annál gyorsabb volt a fejtájék kialakulása, annál feltűnőbben jelentek meg benne a külvilággal való élénkebb kapcsolatot lehetővé tevő ideg- és érzékszerv-központok.

A gerincesek őseinek a fej kialakulását megelőző fejlődési fokozatát az általunk ismert alakok közül egyedül a lándzsahal képviseli. Valamennyi más ismert élő vagy kihalt alak a fejlődés magasabb fokán áll. Ezek egész sor olyan fejlődési lépcsőn mentek át, amelyekről a következőkben lesz csak szó.

* Aktív táplálkozás alatt azt értjük, amikor az állat táplálékát nem a légző-vízből szűri ki, hanem külön felkeresi és megragadja a táplálékul szolgáló élőlényeket vagy anyagokat.

Váz és páncél

Sokunknak volt már izomláza, amely egy-egy erőltetett gyaloglás, túlfeszített alkalmi munka következményeképpen kínoz hosszabb-rövidebb ideig. Az izomláz — az erőltetett izommunka közben termelt bomlástermékek visszamaradása miatti izommerevség és fájdalom. Mint tudjuk, alapos masszázs ilyenkor csodát művel. Miért? Egyszerűen azért, mert valósággal kipréseli az izmokból ezeket a bomlástermékeket, amelyeket egyébként a szokásos igénybevétel mellett az izomzat maga is el tud távolítani, mégpedig úgy, hogy a mozgás (összehúzódás és kitágulás) folyamán valósággal kipréseli magából. Ez az izomzat *önmasszázsa.* Az izomrostok közül kipréselt bomlástermékeket azután a nedvkeringés gyorsan eltávolítja és kiküszöböli a szervezetből.

Nem kell különösebben bizonygatni, hogy mennél kezdetlegesebb egy szervezet, annál tökéletlenebbül bonyolítja le ezt a folyamatot, annál tökéletlenebb a bomlástermékek eltüntetése. Ez pedig — elsősorban a legkevésbé mozgékony állatokon — azzal jár, hogy a test peremi felületi részein itt-ott a bomlástermékek megrekednek. Sóik kicsapódnak, szilárd rögöcskék formájában halmozódnak fel a felület alatt, a bőrben és a bőr alatt. Természetesen e szemcsék felhalmozódása korántsem egyenletes az egész állat testfelületén. A legsűrűbben az állat legmerevebb részein, elsősorban a fejtájékon, de részben a törzsön is létrejönnek ezek a rögöcskék, legkevésbé pedig a legmozgékonyabb részeken, mint a mozgásszervként legtevékenyebb hátsó, tehát a farokrészen. Ebből következő lépésként önként adódik, hogy a kezdetben különálló rögöcskék fokozatosan kisebb-nagyobb lapokká, lemezekké állnak össze, legalábbis ott, ahol az állati test a legkevésbé mozgékony. Így lassanként az állat fejét, törzse nagy részét többé-kevésbé összefüggő páncél takarja be, csak legmozgékonyabb farokrészén fedik egymással lazább összefüggésben álló rögöcskék-pajzsocskák.

Az állat fajsúlyát tetemesen megnövelő páncél-elemek természetesen egyrészt fokozott mértékben merevítik az állatot, másrészt lassanként alkalmatlanná teszik a vízben úszó életmódra is. Ezek a páncélosok a vízfenéken nehézkesen mozgó alakokká váltak. Egyrészt páncélzatuk alkalmatlanokká tette őket arra, hogy ellenségeik elől gyors mozgással menekülhessenek, másrészt azonban páncélzatuk ezt fokozatosan feleslegessé is tette.

Ugyanakkor természetesen a gyors mozgású, tehát erős izommunkát végző alakok testében ezek a bomlástermék-rögöcskék alig vagy egyáltalában nem fejlődhettek ki. Ennek következtében ezek testsúlyát semmiféle jelentős súlytöbblet nem gyarapította. Mozgó, illetve úszóképességüket tehát nem korlátozta semmi, viszont éppen ezáltal elég mozgékonyak maradtak ahhoz, hogy ellenségeik elől elszökhessenek. Ezért nem is volt szükségük a nehéz páncélzatra.

A két főtípus, a gyorsan mozgó, páncéltalan és a nehezen mozgó, páncélos fenéklakó típus közt természetesen minden elképzelhető átmenet megvolt.

Joggal feltehető azonban a kérdés, vajon a bomlástermékek az izomzatból csak a testfelület felé távoztak-e, illetve nem volt-e meg a lehetősége annak, hogy a test más részein is keletkezzenek bomlástermék-tároló holt területek?

Nemcsak hogy lehettek, de voltak is. Sőt a gerincesek merev tartó „szerkezetének" kialakulásában a külső páncélnál sokkal fontosabb szerepük volt.

Ehhez azonban egy lépéssel vissza kell térnünk a gerincesek őseinek sokkal korábbi fejlődési állapotához.

A gerincessé válás folyamatának ismertetése során említettük, hogy a gerincesek féregszabású ősei egy a sejttelep-egyénből az összetett telep-egyénhez vezető fejlődé-

sen mentek át, és így egyéneik a soksejtű állatok telepeiből összetett, eredeti egyéniségüket teljesen elvesztett állat-láncok utódainak tekintendők. Már most gondoljuk végig az így keletkezett telep-egyén felépítését: az állat szelvényekre osztott testében az egyes szerveken kívül elsősorban az izomzat is megszakad a szelvényhatárokon, hogy a következő szelvény új izomköteggel induljon. A szelvények közt a megszakadó izomkötegek megfelelő szakaszait kötőszöveti lemezek kapcsolják egymáshoz. Ugyanilyen kötőszöveti lemezek fejlődnek természetesen a szelvényeken belül a háti, oldali és hasi izomköteg-párok között is, a szelvényeket elválasztó — vagy összekapcsoló — lemezekre nagyjából merőlegesen, de mindenesetre ezeket metszve. Nem kétséges, hogy az izomkötegek és a szelvény-izomszakaszok közti kötőszöveti lemezek környéke lesz a testnek az a része, ahova az izmokban képződött foszforsavas bomlási termékek sói elsősorban lerakódnak. És minél mélyebb testtájékon fekszenek ezek, annál nehezebben távolítja el azt a véráram. Itt is — mint mozgatottság szempontjából legkevésbé igénybevett sávok — elsősorban a kötőszöveti lemezek metszési vonalai jönnek tekintetbe.

Ha mindezt végiggondoljuk, nem fog meglepni bennünket, hogy éppen ezek a területek azok, amelyekben a test belső támasztóberendezései (csigolyák, háti és hasi bordák stb.) kialakultak. De bármekkora jelentősége is van ennek a folyamatnak a gerincesek további fejlődése szempontjából, lényegében semmi egyéb nem történt, mint hogy az izommunka bomlási termékeinek legtökéletlenebb eltávolítási helyein a kötőszövetbe mind több ilyen bomlástermék, foszforsav-rögöcske rakódott le. A szervezet „üzemének" ez a kezdeti csődje volt tehát az oka annak a csodálatos berendezkedésnek, amely a gerincesek annyiszor megcsodált, minden más fejlődést messze maga mögött hagyó kibontakozásának az alapja lett.

Közelebbről nézve azt látjuk, hogy elsősorban a legkezdetlegesebb alakokban testmerevítő szerepet játszó gerinchúr körül keletkezett ilyen lerakódás-hüvely. Természetesen ez szelvényenként megszakad, vagyis gyűrűket alkot. Ezek a gyűrűk a későbbi csigolyatestek első kezdeményei. Azt talán már nem is kell külön hangsúlyoznunk, hogy ezek a gyűrűk mindenütt a szelvény-határon jöttek létre.

A következő hely, ahol az ilyen lerakódás vázképződést eredményezett, a gerinchúrhoz simuló (mint korábban láttuk: bélcsatorna-eredetű) gerinchüvely volt. Természetesen a szelvényes felépítésnek megfelelően ez is gyűrűs elrendeződésű. Ezek a gyűrűk máig is fennmaradtak a csigolyák gerincvelőt körülvevő felső íveinek alakjában.

Tulajdonképpen ehhez a kettős gyűrű-rendszerhez csatlakozva fejlődnek a további váz-elemek, elsősorban a hátközépen, a két háti izomnyalábot elválasztó kötőszöveti lemez és a szelvény-válaszfalak metszéseiben. Ezek voltak a háti csigolyanyúlványok kezdeményei, illetve a hátúszók belső váz-alapjai.

Ugyanilyen izomköteg és szelvény-válaszfal közt létrejött vázrendszerek a csigolya-gyűrűktől a testfelület felé — rézsutosan fölfelé — irányúló ún. háti bordák. Végül ide sorakoznak a testüreg belső fala és a szelvény-válaszfalak közt kialakult hasi bordák is.

Mindeme vázelemek közül természetesen a gerinchúrt körülvevő gyűrűk és gerincvelőt védő rendszer alakult ki a leghamarabb és a legzavartalanabbul. A többiek a test mozgékonyságának függvényeként — a testtájtól és az állat felépítésétől, valamint életmódjától függően — különböző időben és különböző mértékig fejlődtek ki. Legnehezebben és nem mindenütt alakultak ki a hasi bordák. Ez a többféle elemből álló vázrendszer leghamarabb a test legmerevebb részében, a fejben tudott egységes, összefüggő képződménnyé válni, s ez lett a *koponya*. Erről azonban a következőkben fogunk részletesebben megemlékezni.

Visszatekintve tehát leszögezhetjük, hogy az izommunka nem megfelelően eltávolított foszforsavas bomlástermékei a szervezet „nyugodtabb" részein meggyűlve, foszfor- és mészsók formájában lerakódtak, s az állati test későbbi védelmét és támasztékát adó páncél- és vázrendszer kialakulását eredményezték.

A koponya megjelenése

Ami az írás egy nép történetében, az a porc- vagy csontváz megjelenése a gerincesek történetében. Ettől az időponttól számítjuk a gerincesek megismerhető, nemcsak sejthető történetét.

A váz maradványai alkalmasak arra, hogy a régmúlt idők üledékeibe zárva kövületként, ősmaradványként fennmaradjanak, s belőlük olvassuk ki egykori tulajdonosaik történetét, kialakulását, sorsát.

Ahogy a gerincesek ordoviciumi — alsó szilurkori első páncéldarabkái bekerültek a rétegekbe, attól a pillanattól számítjuk a gerincesek ismert történetét. A lándzsahalhoz hasonló gerinchúros, de még nem szilárd vázelemeket viselő gerinces elődökről csak annyit tudunk, amennyit máig fennmaradt rokonuk felépítéséből ezekre következtetni lehet.

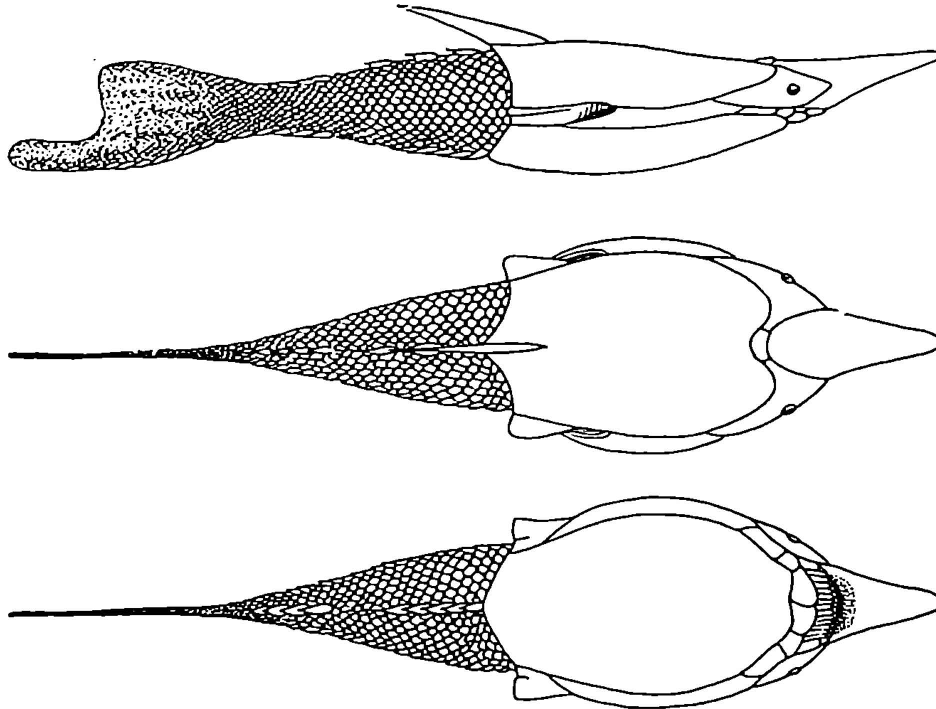
Más a helyzet azokkal a sziluridőszaki maradványokkal, vagy lenyomatokkal, amelyeket Skóciából, Észtországból, Észak-Amerikából írtak le a kutatók. Amíg tehát a gerinc és más vázelemek, illetve az állat testét fedő pajzs- és pikkely-páncél kialakulása előtti őseikről csak sejtéseink vannak, addig ezeket nemcsak külsőleg írjuk le, hanem szerkezetükről, felépítésükről, életmódjukról is már rendkívül sokat tudunk elődeikhez képest. Ezeket az ismereteinket röviden áttekintve a páncéllal fedett vagy belső vázzal támasztott legelső gerinceseket — inkább életmód és külső megjelenés, semmint belső rokonsági kapcsolataik alapján — két nagy csoportra oszthatjuk. Az egyik csoportba a külső páncél nélküli, csak belső vázas alakok, a másikba a belső váz legalább részbeni kifejlődése mellett többé-kevésbé teljes külső páncéllal védett alakok tartoznak.

Természetesen ezt a két csoportot ilyen élesen csak a mindent rendszerező szakemberek állítják szembe. A természetben — a máris ismert fajok és csoportok változatos sokasága következtében — ezek a határok meglehetősen elmosódnak. Jelentősége mégis van ennek a külső csoportosításnak. Azok a csoportok ugyanis, amelyekben a belső váz elemei gyéren mutatkoznak, s a külső védelem legfeljebb a bőrben rejtőzködő, elszórt szemcsék formájában van meg, — a fejlődésben mellékutcába, zsákutcába jutottak. Máig is fennmaradt képviselőik a fejlődés, a specializálódás viszonylag igen alacsony fokán vesztegelnek. Jó példa erre az ingolák szervezete, amelyben a váz nagy részét még csak kötőszöveti kezdemény formájában találjuk meg. Ez a porcváz még a fejrészen sem csontosodott el. Ez az állapot még abban az esetben is jellemző, ha feltételezzük, hogy az ingolák eredetileg jobban fejlett vázú ősök leszármazottai. Némileg ezt valószínűsíti a *Palaeospondylus* nevű devonkori ősgerinces egész felépítése. E kis állatnak erősen az ingolákéra emlékeztető váza, a vázelemek erős tagolását és elmeszesedését tárja elénk.

Ha akár az ingolák két, egymással közelebbi rokonságban nem álló csoportjának váz-felépítését vesszük figyelembe, akár az említett *Palaeospondylus*t vizsgáljuk, mindhárom esetben olyan új elemet látunk, amilyent eddig nem mutathattunk ki a gerincesek őseinél. Azt ti., hogy a fej differenciált felépítésének megfelelően a belső váz — a törzsön mutatkozó elemeken túlmenően — számos új építőelemből áll.

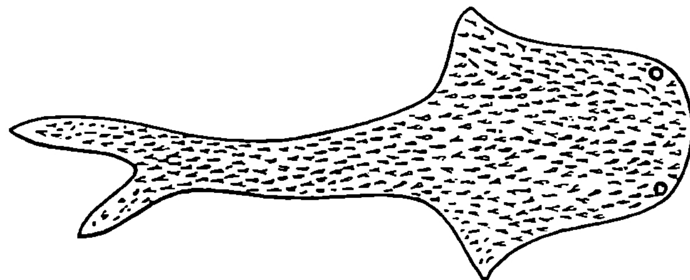
Ezek közelebbről nézve semmi egyebet nem jelentenek, mint a gerinchúr és gerincvelő védelmét ellátó, többé-kevésbé elmeszesedő gyűrűk, illetve vályúrészek kiterjesztését a fejen elhelyezkedő legfontosabb érzékszervek központjainak védelmére. Ehhez járul a béllégzés kopoltyúkká kifejlődött, zsákokkal és kopoltyúrésekkel komplikált rendszerének támasztóváza, amely az előbb felsoroltakkal egybeolvad. Ez az egész, látszatra igen bonyolult rendszer együttvéve alkotja az ún. koponyát.

Ahhoz, hogy megérthessük, miért mondunk „úgynevezett" koponyát, előbb meg kell ismerkednünk a másik nagy csoporttal, a külső páncélos alakokkal is.



5. *Devonkori állkapocsnélküli ősgerinces* (Pteraspis) *oldal-, felül- és alulnézetben*

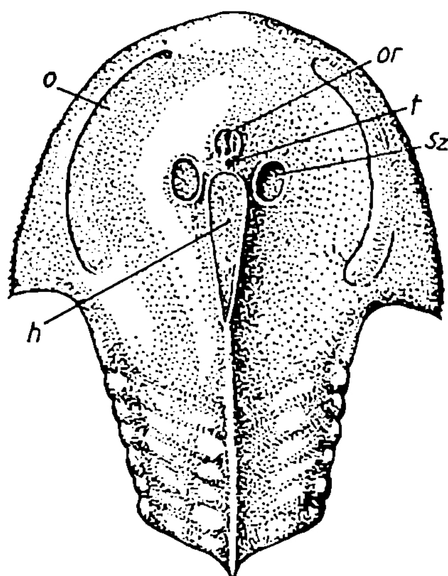
Ezek igen változatos alakú állatok. Egyesek közülük széles, félkör alakú, lapított elülső részt és rövid, szinte ostorszerű farokrészt viselnek. Mások halszerű, oldalt lapított formájúak. Egyeseknek a fejrésze aránylag rövid, patkó forma, másoké a test nagy részére kiterjed, s hol egyszerű, hol pedig kétoldalt szarvszerű nyúlványokban végződik. Amellett nagy részükön meglepő specializálódás nyomait láthatjuk, mint például az elektromos szerveket stb. Vannak, amelyeknek a fejéhez hátul oldalsó páros végtagok csatlakoznak, a többségről azonban hiányoznak ezek a páros végtagok. Végül egy lényeges jelleg alapján valamennyien két fő csoportra oszlanak. Egyik részük egy, a másik részük páros orrnyílást visel. Képviselőik közül a *Cephalaspis*, a *Drepanaspis*, a *Pteraspis*, (5. ábra) a *Thelodus* (6. ábra) a legismertebbek, s az ordoviciumtól, vagyis az alsó szilurtól a felső devonig éltek.



6. *Felső szilurkori állkapocsnélküli ősgerinces* (Thelodus) *felülnézetben*

De mindeme sokféleségük

mellett is egy sereg közös sajátság köti őket össze. Ilyen pl. az azonos szerkezetű, többrétegű csontpáncél, illetve pikkelyzet, amelyet kívül zománcréteg burkol. A fej felépítésében a külső páncél mellett elmeszesedett belső váz van, bár az esetek többségében az a belső váz a törzsre is kiterjed, tagolt gerincoszlop alakjában. Végül közös sajátságuk a fejpáncél pajzsaitól körülvett szájnyílás, amelynek zárását mozgékony páncélelemek végzik. A kopoltyúrendszer egyeseken a fejpajzs-tömbbel (7. ábra) teljesen összenőtt rendszer, illetve ennek része.



7. Szilurvégi állkapocsnélküli ősgerinces (Kiaeraspis) *fejpáncélja, elektromos szervek* (o) *nyomaival*

Ami azonban ennek a fejpáncélnak az összetételét illeti, csak annyit mondhatunk, hogy ebben számos, egymástól teljesen függetlenül kialakult rendszer állapítható meg. Ezeknek egymáshoz való viszonya, rokonsági kapcsolata azonban (a nyilvánvalóan közeli rokon alakoktól eltekintve) még korántsem tisztázott. Ebben a tekintetben tehát igen messze vannak a magasabbrendű koponya teljesen egyveretű felépítésétől, jelezve, hogy egyelőre még igen sokféle szerkezeti elv megvalósítása indult el a fejlődés útján, és még jó százmillió év telik el, míg a kétéltűek legősibb alakjaiban a fejlett gerincesek koponyájának végleges felépítése állandósul.

Mindezek mellett a legfontosabb, hogy míg a páncélzat nélküliek „koponyája" a belső porcváz továbbterjedéséből alakul ki, addig a páncélos fejűek koponyája a belső porcos fejváz és a külső, nem kötőszöveti eredetű páncél egybekapcsolódásából jött létre. Ez az alapvető különbség a koponya-alkotásban annál szembeszökőbb, mivel a koponya eredetének ez a kettőssége az embrionális fejlődés során valamennyi gerincesen megmutatkozik.

A koponya tehát nem egyszeri és nem egy eredetű szerzeményként jelent meg a gerincesek fejlődésében, hanem egyszerre több különböző formában, eltérő fejlődési irányokat és elveket valósítva meg. A természetben egy-egy végleges megoldás korántsem egyetlen lehetséges eset kibontakozását jelenti. Sokkal inkább lehetséges, hogy számtalan megoldási lehetőség közül — igen sok ok egymásrahatása közben — egy sereg megoldás kiküszöbölődik, valamelyik pedig fennmarad.

Itt kell végül megemlítenünk, hogy a tisztán kötőszöveti eredetű belső fejváz kialakulása nem egyedül a körszájúak és a fent röviden ismertetett ordoviciumi-devonkori kihalt őseik (gyüjtőnéven: *Agnathi*, állkapocsnélküliek) sajátsága. Ugyanez a helyzet a fejlődéstörténetileg sokkal magasabb fokon leágazott cápák és rokonaik, a ráják, valamint a kimérák és nagyszámú kihalt rokonaik esetében. Ezeken azonban olyan új elemek kapcsolódnak a fejlődésbe, amelyek más, magasabb fokú fejlődési szinten mozgó csoportokkal közösek. Ezért felmerül a kérdés, vajon e közös sajátságok a közös eredet bizonyítékai-e, vagy megint egymástól függetlenül jutottak hozzá a közös szerveződési sajátsághoz. (Pl. a kopoltyúív-eredetű állkapcsok és nyelvcsonti ívek.) Előbbi esetben a cápák, a ráják és a kimérák a halakkal és rokonaikkal közös eredetűek s mint ilyenek, élesen szemben állnak az állkapocsnélküliekkel, utóbbiban mindkét ágtól függetlenül, a kettő között, önállóan kialakult ősi gerinceságat képviselnek. Erre a kérdésre itt nehéz lenne akár ilyen, akár amolyan választ adni; mindenesetre a továbbiak során még visszatérünk rá.

A mozgás és a végtagok

Mielőtt a gerincesek kibontakozását tovább követnénk, tisztáznunk kell néhány alapvető fogalmat a mozgással kapcsolatban.

Az élőlények mozgásában két fő csoportot különböztetünk meg: az aktív és a passzív mozgást. Az utóbbi itt minket tulajdonképpen nem érdekel, mert főleg a kisméretű és alacsonyabbrendű élőlények speciális mozgása, melynek mozgató ereje a közeg, melyben az állat él. A számunkra fontos aktív mozgás az, amikor az állat saját mechanikus közreműködésével változtatja a helyét.

Az aktív helyváltoztatás igen sokféle. Nem célunk most valamennyit ismertetni. A fejlődés egyes irányainak megértéséhez csak néhányat fogunk közelebbről megvizsgálni.

Természetesen elsősorban tisztáznunk kell, hogy a helyváltoztatás az állatot körülvevő közegben, jelen esetben a vízben, vagy a két közeg határán (a víz és vízfenék határán) folyik-e? És azt is szem előtt kell tartanunk, hogy ugyanaz a helyváltoztatási probléma csak azonos anatómiai adottságok mellett eredményez azonos alkalmazkodást, azonos változásokat a szervezet felépítésében. Ha induláskor mások voltak az adottságok, — az alkalmazkodás vonala feltétlenül eltér egymástól még akkor is, ha a végeredmény látszólag nagyon hasonlít.

Ezek előrebocsátása után abból indulhatunk ki, hogy az ősgerincesek helyváltoztatásakor elsősorban a víz ellenállását kellett leküzdeni, amennyiben vízben szabadon mozgó, tehát úszó helyváltoztatásról van szó. A vízfenéken bonyolultabb a helyzet; ott egyéb akadályokat is le kell küzdeni.

A víz ellenállásának leküzdésére (természetesen) annál alkalmasabb a test alakja, minél kisebb felülettel ütközik a víz ellenállásába. Az ellenállás csökkentésére tehát kis keresztmetszetű, vagyis a mozgás irányában megnyúlt test a legalkalmasabb. (Ugyanebből az elvből következik, hogy az állat előrehajtó motorja ennek az ellenállásnak a leküzdése volt: a legmozgékonyabb testszakasz, a testvég jobbra-balra, vagy le-föl csapkodó mozgásával előrelökte magát. Ez zömök állat esetében a farok ostorozó mozgásából áll; minél karcsúbb és hosszabb az állati test, annál hosszabb testszakasz vesz részt ebben a mozgásban, mígnem az egész test kígyózó mozgásával történik az előrehaladás. Ahhoz azonban, hogy minél hatásosabb legyen ez az előrehajtó erő, széles felületet kell a víz útjába állítani, vagyis a testet előrehajtó mozgás kilengésének irányában a test szétterül. Ezért az oldalozó kilengéssel előremozgó állatok kétoldalt lapított, magas keresztmetszetűekké válnak, míg az előbbire merőleges mozgással haladók hát-hasi irányban lesznek laposak.

Ugyanennek az elvnek a logikus következménye, hogy a farokrész — mint az előrehaladó mozgás szerve — lapított, a törzs e tekintetben passzívabb részei (főleg a fej) hengeresek.

Ugyancsak természetes, hogy a vízfenéken lakó, onnan hol fölemelkedő, hol visszaereszkedő, mozgás közben a fenék egyenetlenségeit, akadályait áthidaló alakok hát-hasi irányban lapítottak, míg a nagyjából egy szintben úszkáló alakok kétoldalt erősen lapítottak, a nyílt tengerek változatos mozgási lehetőségeit kihasználó alakok viszont kétoldalt gyengén lapítottak.

Végül — csak futólag — megemlítjük, hogy az oldalt csapkodva előrehaladó típusok (tehát a kétoldalról összenyomott keresztmetszetűek) testoldalain azokon a pontokon, amelyek az oldalozó kilengések közben „holtpontot" alkottak, egyensúlyozó lemezek (magassági kormány) alakultak ki: a páros végtagok. Így pl. a rövid, zömök alakokon, ahol ez a mozgás egyszerű farokcsapkodás, és a holtpont közvetlenül a fej mögött van, egy pár végtag alakul ki; a karcsúbb, hosszabb ala-

kokon a fej mögötti és a törzs-farok közt levő csomópontban két pár; végül a megnyúlt kígyószerű alakokon ez lemarad.

Túl messzire vezetne, ha a fenti elvek törvényszerű alkalmazását rengeteg változatával akarnánk bemutatni — itt megelégszünk az elvek rövid ismertetésével.

Az állkapocs kialakulása

Ahol erős külső páncél — legyen az összefüggő csontok vagy csontlemezek rendszere — védi a test elülső részét és így a fejet is, ott a szájnyílást két (ti. alsó és felső), vagy több kisebb lemez szegélyezi. Ezek aszerint simulnak össze vagy távolodnak el egymástól, ahogy az állat nyitni vagy csukni kívánja a száját. Természetesen a szájfedőket („ajkakat") mozgató izmok megerősödése lehetővé teszi, hogy az állat „ajkait" erősen egymáshoz szorítsa, ezáltal tehát a táplálékot szorosan megragadja vagy belőle darabokat leharapjon. Valamennyi nem parazita életet élt ősi gerincesnek, az említett szilur-devoni csoportok képviselőinek ilyen szájberendezésük volt.

Azok az állatok azonban, amelyek nem rendelkeztek összefüggő páncélzattal, hanem többé-kevésbé csupasz bőrűek voltak s testüket csak a gerinchúr elporcosodásából alakult és ehhez csatlakozó porcos belső váz támasztotta — a szájnyílásuk egészen másképpen záródott.

Tudjuk az előbbiekből, hogy a kopoltyúbél (előbél, légzőbél) kitámasztását — akárcsak a testüregét a bordák — a kopoltyúívek látták el. Ezek a bordákkal ellentétben nem egy darabból állottak, hiszen csak így tudták összecsukódva szűkíteni, szétnyílva pedig tágítani a száj- illetve garatüreget, amivel a légzéshez szükséges víz mozgását állandóan biztosították.

Ez a folyamat maga után vonja, hogy az elülső kopoltyúívek rendszere lassan mindinkább új szerepet kap: a szájüreg elzárását, ami egyben a táplálék megragadását is jelenti. De ahogy az elülső kopoltyúívek szerepe a munkamegoszlás következtében mindinkább a szájelzáró és táplálék-megragadó feladatára tolódott át, úgy csökkent ezek légző szerepe, úgy satnyult el a zászlóként rájuk függesztett kopoltyú is, és úgy erősödtek meg ezeken az íveken az összehúzó izmok.

A gerincesek kialakulásának kevés részletét tudjuk olyan szépen nyomon követni, mint az elülső kopoltyúívek lassú átalakulását szájzáró, táplálékot megragadó berendezésekké, állkapcsokká.

A devonkori „halak" serege tanúskodik erről. Az e tekintetben legkezdetlegesebben viselkedő ősgerincesek elülső kopoltyúpárja még viseli a kopoltyútámasztó sugarakat a hátsó felületén. A mögötte elhelyezkedő kopoltyúív ugyan megerősödött már új szerepére, amelyben ún. nyelvcsontként működött, de még teljesértékű kopoltyú is, amit a hozzá vezető kopoltyúrés normális fejlettsége is mutat.

Az ezen a fejlettségi fokon vesztegelt — illetve kihalt — devon-karbonkori ősgerincesek közül különösen az *Acanthodi* és *Arthrodira* néven ismert formák voltak elterjedve. Az előbbiek külsőleg egészen halszerű állatok. A múlt században egyes alakjaik *(Climatius)* mint a páros végtag kialakulásának legszebb fejlődéstörténeti bizonyítéka szereztek hírnevet. Rajtuk ugyanis a mellső és hátsó páros végtagok közt számos páros végtag jelent meg. Ezeket tekintették az eredetileg egységes oldalsó úszólemez úszókra feldarabolódott maradványainak.

Az *Arthrodirák* viszont mind erősen páncélozott alakok, és nem egy esetben az 5—7 m testhosszúságot is elérő — akkori időkben még — gigászok *(Dinichthys).*

Egy harmadik, említésre méltó csoportjuk, az *Antiarchi* viszont erős csontpáncéllal fedett, két tagból összetett mellső páros „végtagú", a fenéken nyilván ezek segítségével mászkáló alakokat hagyott hátra a devonból.

A fentiek szerint kialakult és néha félelmetes erejű állkapcsokat éles vágó perem vagy fogszerű kinövések tették még félelmetesebbé.

Ha nem fedte az állat testét csontpáncél, akkor a szájperem bőre kívülről ráborult az állkapocs-ívre, és így apró pikkelyeivel mint megannyi ősi fogacskával borította be annak felületét. Innen már csak egy kis lépés volt ezen az állkapocsperemen a fogak fokozatos megerősödése, és máris előttünk van a fogsorral felfegyverzett állkapocs.

A fejlődés természetesen nem állott meg ezen a fokon. Először is szükség volt az állkapcsok erősebb rögzítésére. Nem volt elég, hogy az ív felül még a chorda-tokhoz, vagy az ebből keletkezett kezdetleges agytokhoz kapcsolódott, illetve, hogy középen, ahol az állkapcsok ízületet alkottak, ezek egymáshoz csatlakoztak. Az egész felső tag hosszában két ponton, ízülettel vagy szilárdan kapcsolódva odafűződött az agytok alsó feléhez. Ez volt a kopoltyúív-eredetű arcváz és az agytokból kialakult agykoponya első összekapcsolódása koponyává.

A további fejlődés folyamán két irány alakult ki. Az elsőt a csak finom „fogacskákkal" fedett bőrű, tehát nem pikkelyes-páncélos cápák-ráják ősei képviselték: igen korai fejlődési fokon a vízfenék fölött úszkáló alakjaik szájnyílása mindinkább a test alulsó felületére húzódott le a fej elejéről. Emiatt az elülső 2—4 kopoltyúpár is visszafejlődött; nyomai még máig is jól felismerhetők a fiatal cápák állkapcsai előtt az izomban elhelyezkedő ún. ajakporcokban. Állkapoccsá kialakult kopoltyúívük mögött következő ún. nyelvcsonti ívük kopoltyúív-eredetéről pedig máig is árulkodik az előtte nyíló fecskendőlyuk — a régi kopoltyúrés maradványa.

A másik fejlődési irányban a testet fedő csontos-pikkelyes váz beborította a kopoltyúívek porcos állkapcsait és komplikált, sok csontból álló — a mai értelemben vett — állkapcsokat hozott létre. Ezekre is behúzódott a bőrpikkely-eredetű fogacskák bevonata, a később a csontos állba előbb árkot, majd gyökeret is eresztő félelmetes fogazat korai őse.

Védelem vagy gyorsaság

A szilur végére és a devon elejére az állkapocsnélküli és állkapcsos ősgerincesek halszerű alakjainak nagy változatossága népesítette be a vizeket. Gyakorlatilag valószínűleg csak az édesvizeket, az álló- és folyóvizeket. Alig találunk köztük csupasz testű, páncélzat nélküli alakokat. A pikkelypáncéltól a nehéz pajzspáncélzatig, sőt szinte a testet teljesen befedő egységes csont-tokig a védőburok minden formájával találkozunk.

Ahogy ez a sokoldalú ősi gerinces-világ fokozatosan a tengervízhez kezdett alkalmazkodni, az újfajta környezet számos új problémát vetett fel. Ezek között természetesen a nyílt tenger adta lehetőségek és problémák a legfontosabbak.

A minden irányban igen korlátozott kiterjedésű édesvízben a mozgás keretek közé szorult, különösen ami a mélységi-magassági helyváltoztatás lehetőségét illeti. Ezek az állatok nagy többségükben a fenéken vagy annak közvetlen közelében éltek. Állandóan a víz visszahúzódásának, kiszáradásának voltak kitéve, s a növényzet és a vízfenék egyéb akadályai közt bújkáltak.

Amikor a gerincesek a tenger felé kezdtek terjeszkedni, rögtön a mozgásnak, a lakóterület megváltoztatásának korlátlan lehetőségei nyíltak meg előttük.

Az üldözött, a gyengébb, a sűrűn lakott — rá nézve tehát ellenségekkel, veszélyekkel teli — partvidékről és tengerfenékről a végtelen nyíltvíz felé menekült. De utána nyomult az üldöző is. Megindult a verseny, amelyben egy új képesség döntött élet és halál fölött: a sebesség, sőt: a kitartó sebesség.

Valóságos kiválogatódás indult meg. A kevésbé páncélozott, kevésbé védett állat kimenekült a nyíltvízbe. Tehette is, hiszen gyengébb páncélzata lévén, könnyebben mozgott. Így ideig-óráig el is tudott menekülni nehézkes üldözői elől. Természetesen az új terület igen hamar megkapta a maga ragadozóit, a maga gyors mozgású üldöző típusait. Ezek legfőbb fegyvere is a sebesség volt, hiszen a gyors, de védtelen prédaállattal könnyen elbántak, ha már utolérték.

Ez a környezet lett a bölcsője a gerincesek egy jelentős (és mind a mai napig virágzó) osztályának, a cápákat-rájákat és kimérákat magába foglaló ún. *porcoshal*aknak. Szervezetük a devon folyamán végleg kialakult: azóta gyakorlatilag alig változtak valamit. Valamennyien torpedó alakú, hosszú, hengeres testű állatok, kivéve a rájákat. Ezek fejlődése a földtörténet későbbi időszakában ágazott el, és messzemenően alkalmazkodtak a fenéklakó életmódhoz. Széles, lapos és hatalmas szétterülő mellúszóik és egyik csúcsával előre néző négyszög alakú testük különbözteti meg rokonaiktól.

A porcoshalak testét csupa apró zománctüske fedi. Ezek a tüskék semmiben sem különböznek a szájüreg peremét kibélelő fogaktól, csak nem olyan nagyok, hanem olyan kicsinyek, hogy a bőr felszíne bársonyos hatást kelt. Ritka esetben találunk még olyan jó bizonyítékot valamely szerv vagy berendezés kialakulásának, eredetének magyarázatára, mint a cápák bőrének „pikkelyzeté"-ből kialakuló gerinces-fogazat. Talán nem is kell külön említenem, hogy a cápabőr pikkelyzetén is csak azért ismerhetjük fel teljesen tisztán a fogazattal közös eredetet, mert megmaradt azon az ősi fejlődési fokon, amelyen a specializálódás még nem mosta el a gerinces-fogazattal közös eredetének bizonyító vonásait.

A porcoshalakat egyéb tulajdonságaik még élesebben körülhatárolják, így elsősorban belső vázuk sajátosságai. Ez a belső támasztóváz mindvégig porcos maradt, sehol sem csontosodott el. Ahol pedig a csigolyákban merevítés céljából mégis mészlerakódás következett be, ott ez nem a többi gerinces mintájára, a gerinchúrt körülvevő külső lemezek formájában jött létre, hanem a gerinchúr hártyájának megvastagodásából, illetve a belé rakódott mészanyagból.

A többi gerinces osztály viszonyaitól élesen eltérő támasztóváz-kialakulási móddal áll szoros kapcsolatban az a tény is, hogy a porcoshalaknak nem volt és nincs bordájuk. A testüreget kitámasztó rendszer tehát a test elülső részére, a koponya és a kopoltyúkosár tájára korlátozódik, a tulajdonképpeni testüregre azonban már nem terjed ki.

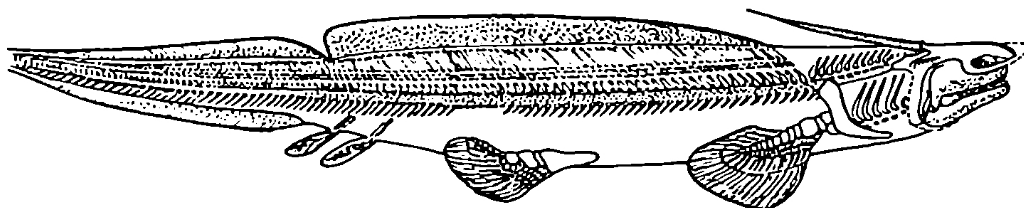
Ugyancsak a porcoshalak teljesen elszigetelt kialakulásának bizonyítéka, hogy ki sem alakult bélcsatornájuk elülső részében az a páros vagy páratlan kitüremlés, amely a későbbiek során a halakban úszóhólyag, a négylábúakban pedig tüdő formájában fejlődött ki.

Végül az egész porcoshal-váz önálló kibontakozásának folyományaként ebben az osztályban a végtagok kialakulása is teljesen egyéni úton zajlott le. A végtagok valójában a törzs „élvonalain" porcpálcikákkal kitámasztott bőrredők, amelyeket csak a redők szélein helyettesítenek ún. rugalmas rostok a támasztásban. Maguk az egyes porcpálcikák eredetileg szelvényenként helyezkedtek el. Csak hosszú idő alatt tömörültek az egyes támasztópontok: a vállöv és a medenceöv köré. A rájuk tapadó izmok eredethelye jelzi, hogy melyik szelvénytől húzódtak előre vagy hátra és tömörültek uszonnyá. Bár erről később még lesz szó, de a különbség érzékeltetésére

már itt megemlítjük, hogy az igazi halak osztályának végtagjai tulajdonképpen álvégtagok, amennyiben ezek uszonyai nem egyebek, mint úszósugárrá meghosszabbodott pikkelyekből hártyával összekötött lemezek, amelyeknek alapjához csak a test belsejében támaszkodnak tartólemezek, vagy legfeljebb összenőtt pikkelysorok sugaraiból összetett lemezek. Ebben a tekintetben tehát öszehasonlíthatatlanul közelebb állnak a porcoshalak a négylábúak őseihez, mint az igazi halak osztályához.

Mindez azt mutatja, hogy a porcoshalak osztályának legősibb képviselői az ősgerincesek koponyás, állkapcsos fejlődési fokán — valahol a szilur időszak kezdetén — leszakadt fejlődési törzset képviselnek, amelyet valószínűleg az édesvizekből a tengeri életmódra való áttérés hívott létre.

Néhány rövid életű kisebb csoportot a rendszerezők közös jellegeik miatt hol a páncélos ősgerincesek leágazásának, hol pedig már a porcoshalak igen ősi képviselőinek tekintettek. (8. ábra) Ezeket nem számítva, a porcoshalakat két fő csoportba, a cápák-ráják *(Elasmobranchii)* és a kimérák *(Holocephali)* alosztályaiba sorolják. Nagy formaállandósággal, gyakorlatilag a tengeri élettér szinte korlátlan uraiként, legfélelmetesebb ragadozóiként vonulnak végig a felső devontól napjainkig.



8. Cápaszabású permkori ősgerinces (Pleuracanthus) *csontváz- és körvonal-rekonstrukciója*

Két nagy alosztályuk, a cápák-ráják és a kimérák a külső megjelenés (fejforma stb.) mellett elsősorban abban különbözik egymástól, hogy míg a cápák-ráják agykoponyájához ízülettel kapcsolódik az állkapocspár ősi kopoltyúívének mellső tagja, tehát a felső állkapocs, addig a kimérákon ez már szilárdan összeforrt az egységes koponyával, és csak az alsó állkapocs ízesül szabadon a felső állkapoccsal. Ezenkívül a kimérák kopoltyúréseit egységes lebeny (kopoltyúfedő) takarja, míg a cápák és ráják kopoltyúrései szabadon nyílnak, egymás mögött sorakozva.

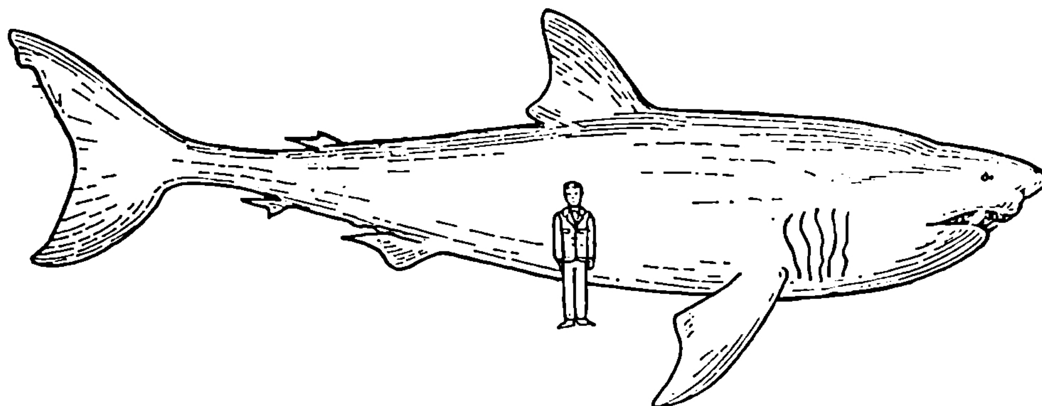
A kimérák sohasem voltak alakgazdagok. Ma alig néhány fajuk él a mélyebb tengerekben. Ezzel szemben a cápák-ráják, ha messze el is maradnak a csontoshalak 20 000-et megközelítő fajszáma mögött, mégis rettegett ragadozó voltukból következő uralkodó szerepüket — különösen a meleg tengerekben — mindig biztosította nagy példányszámuk.

Két, nem túl élesen elkülöníthető nagy csoportjuk a cápák *(Selachii)* és a ráják *(Batoidei)*.

Az előbbiek hengeres, megnyúlt, ideálisan „áramvonalas" testformával, a száj fölött csúcsba kifutó, kúpos fejjel, jól fejlett farok-, hát- és páros uszonyokkal, valamint erős izomzattal a vízi gerincesek ideális típusai, melyek utolérhetetlen úszóművészetükkel, hihetetlen kitartásukkal képesek arra, hogy a világtengerek minden zugába eljussanak, s a legnagyobb tengermélységek fölött is megéljenek. (9. ábra) Ezeken a helyeken a halak legnagyobb része csak úszóhólyagja segítségével tud megélni, a fenékre való leszállás és pihenés lehetősége nélkül. Viszont a cápák képesek állandóan mozgásban maradni, és magukat izomerővel is a megfelelő vízszintben tartani.

Ezekkel éles ellentétben a ráják teste hát-hasi irányban teljesen lelapult, mellúszóik pedig hatalmas félkör vagy háromszög alakú legyezőként a fejtől az ostorszerűen kivékonyodott, de farkúszó nélküli farokig szegélyezik az állatot. Ezzel az alakkal a ráják a tengerfenéken lapuló és onnan csak időnként, „felröppenő" ragadozókká alakultak át. Mindenesetre ebben az alkalmazkodási formában a legmagasabb tökélyig jutott gerincesek.

Ha cápákról, rájákról beszélünk, mindig valami egzotikusan távolira gondolunk. Pedig csak részben van igazunk. Ma hírmondójuk sem maradt meg a hazai földön. Viszont volt idő, amikor a Magyar medencét elborító őstenger parti homokjában olyan mennyiségben dobálta a hullámverés az elhullott cápák fogait a turzásban, hogy ma is százszámra gyűjthetjük a rétegből. Felsőesztergályon, Ipolytarnócon,



9. *Harmad időszaki őscápa* (Carcharodon megalodon) *rekonstrukciója; mellette egy ember ugyanabban a léptékben ábrázolva*

vagy akár fővárosunk kőbányáiban, a rákosi miocénkori képződményekben, a fóti Somlyóhegyen — sok más tengeri állat maradványa közt — egykor nyüzsgő cápaélet nyomaira bukkanunk.

Az őséletbúvár a porcoshalak történetében látja a földtörténetben először és legélesebben megnyilvánulni azt az elvet, hogy a legszilárdabb védelemnél, páncélzatnál, pajzsnál is sokkal hathatósabb védekező fegyver a *sebesség.* De támadáskor is ez biztosítja legjobban a sikert.

A páncélos „halak"-porcoshalak párharcának drámai párhuzamát látjuk a következőkben a páncélpikkelyes és csupasz bőrű kétéltűek közt végbemenő kicserélődésben. Ez tükröződik vissza a hüllők számos törzsében a nehéztestű, teljes csontpáncélzatú csoportok és a könnyűtestű alakok számarányának eltolódásában (az utóbbiak javára), és ugyanez zajlott le — sőt, zajlik le úgyszólván a szemünk előtt — az emlősállatok páncélos-pikkelyes testfedőjű alakjainak visszahúzódásában a vértezetlen, de éppen ezért könnyű mozgású, fejlettebb típusokkal szemben.

Persze, nemcsak a gerincesek történetében zajlott le ez a harc a páncélzat és a sebesség között. Megtaláljuk mását a tengeri puhatestűek fejlődésében is. A vizsgálati anyag hihetetlen gazdagsága és a párharc drámaisága miatt talán a cápák-ráják ostrománál is lenyűgözőbb volt ez a vetélkedés a csigaház-szerű héjban védetten élt lábasfejűek és a házat visszafejlesztő rokonaik, a mai szépiák és oktopuszok ősei közt. A világtengerekben a Föld ókorának második felében (és főleg a középkorában) megszámlálhatatlan tömegben éltek — szinte a 100 000-et is meghaladó fajszámban — az ún. *Nautilus*ok és *Ammonites*ek, melyeknek elpusztulásuk

után visszamaradt házai leghatalmasabb hegységeinket felépítő kőzettömegeket töltöttek meg. A Föld középkorának végével pedig egy csapásra mind kihaltak; egyedül a *Nautilus* nemzetség élte túl ezt a tömegkihalást, s ma vagy 6 faja él még.

És mégis van, ami a cápák-ráják teljesítményét előtérbe helyezi, mégpedig az, hogy ez a dráma az élet történetében először velük játszódott le. Azóta sokszor megismétlődött — mindig ugyanazzal az eredménnyel!

A két út: a tengeri és a szárazföldi

Kedves olvasónk, látott-e már halat vízbefúlni?

Bármennyire furcsán hangzik ez a kérdés, mégis teljesen indokolt. És sokkal gyakoribb probléma a biológiában, mint gondolnánk.

A hal légzéskor a vízből oxigént von ki kopoltyúival. Természetesen nem a víz H_2O vegyi összetételének oxigénjét, hanem a vízben elnyelt szabad oxigénmolekulákat. Ha nincs ilyen a vízben, ami nem ritka jelenség, akkor a hal — megfullad!

Ismeri ezt a jelenséget minden akvarista. Tudja, hogy halai igen hamar elpusztulnának, ha nem levegőztetne a medence vizén áthajtott légárammal. A természetben a felkavart, mozgó hullámoktól felkorbácsolt, vízeséseken lezuhanó víznek számos lehetősége van arra, hogy szabad oxigént nyeljen el, nem is beszélve a vízinövényzet oxigéntermeléséről. Így rendes körülmények között a tengervíz, a folyóvíz és a nagyobb tavak vize bőven tartalmaz oxigént. De ha a tenger felszínén — nagyobb mennyiségű édesvizek befolyásánál — a könnyebb fajsúlyú édesvíz a nehezebb tengervizet elszigeteli a levegőtől (mint pl. a Fekete-tenger esetében), ott az át nem szellőzött tengervízben minden élet megszűnik, és részben a felül elhelyezkedő oxigéntartalmú vízréteg elpusztuló szervezetei, részben pedig a levegőmentes zónába tévedő és ott megfulladó szervezetek milliárdjainak a mélység felé „permetező" tömegei — felbomolva — az utolsó oxigénmaradékot is elvonják a vízből. Lassanként az egész oxigéntől elzárt víztömeg megtelik bomlástermékekkel, és végleg alkalmatlanná válik oxigént légző szervezetek számára.

Ugyanez a helyzet (mégpedig az esetek óriási többségében) az állóvizek, lapos mocsarak, öreg holtágak vizében is, ahol a kellően meg nem mozgatott víz tele bomlási termékekkel, különösen kiszáradás felé közeledve, igen oxigénszegénnyé válik. Ilyen helyeken, különösen az esős és esőnélküli évszakok váltakozásával jellemzett szubtrópusi éghajlat alatt, se szeri se száma a száraz évszakban többé-kevésbé kiszáradó vízállásoknak.

Hogyan igyekszik segíteni magán a hal, ha ilyen oxigénszegény vízbe jut? Ezt a jelenséget megint elégszer láthattuk az akváriumban, kiszáradófélben levő állóvizekben. A hal a felszínre úszik és levegőt nyel. Természetesen a hal kopoltyúja nincs levegő-légzésre berendezkedve, s ha folyamatosan így akarna lélegzeni, menthetetlenül elpusztulna. De a vízből hiányzó oxigén tökéletlen és kisméretű pótlásának mégis ez az ösztönösen megtalált útja.

Olyan halak pedig, amelyek állandóan ilyen oxigénszegény vízben élnek, ahol az oxigéntartalom gyakran közelíti meg vagy éri el a légzési „létminimumot" — különböző alkalmazkodási formákkal igyekeznek ezt a gyakran szükségessé váló „légi" oxigénpótlást tökéletesíteni. Így pl. a réti csík *(Misgurnus fossilis)* végbelének véredényekkel dúsan átjárt hámfelülete kezdetleges fokon a levegőből való oxigénfelvételre is szolgál. A labirinthal *(Anabas scandens)* kopoltyúfedőjében bonyolult csatornarendszer (a labirint) alakult ki. Ez vízzel telve alkalmas arra, hogy az állat

órák hosszat tartó szárazföldi kalandozásai alatt a kopoltyúkat nedvesítve, azokat kiszáradás ellen védje, és így nyálkahártyájukat a levegőn is alkalmassá tegye az oxigénfelvételre.

Ez a probléma természetesen nem mai keletű, és nemcsak akváriumi díszhalainkat vagy pusztuló lápvilágunk és holtvizeink halainak rohamosan fogyó népét érinti. Még sokkal nagyobb méretekben fennállott ez, amikor az ősi tengerek és folyók első ősgerincesei a nagy árterek időszakos kiöntéseit, a száraz időszakban visszahúzódó lapos tavak és mocsarak vizeit is hatalmukba kerítették. Bizony évmilliókon át millió és millió ősgerinces pusztult el vízhiány következtében, míg az első eredményes alkalmazkodás létrejött.

Mi volt ez az alkalmazkodás?

A levegő után kapkodó kis akváriumi hal adja meg a magyarázatot. Az „őshalak" elkezdték nyelni a levegőt. Garatjuk hámfelületén — akárcsak a réti csík végbelén — a hajszálér-hálózat dúsabb lett. Ez biztosította az oxigénfelvételhez a megfelelő vér áramlását. A hámfelület kiszáradása ellen pedig az időnkénti kopoltyúlégzéskor a szájüregbe áramló víz védte az állatot. Amikor pedig a szájüregbe felvett levegőtömeg a kopoltyúnyílások egyidejű elzáródása mellett a szájüreg hátsó boltozatán vagy két oldalán betüremléseket okozott, ezeken az őslényeken máris bekövetkezett az élővilág fejlődéstörténetének egyik legjelentősebb kezdeményező lépése.

Ez a kétoldali vagy páratlan betüremkedés ugyanis fokozatosan, évmilliók alatt tasakká bővült, az állat pedig ezt a „levegő-nyelést" a kopoltyú-légzés vízfelvételétől függetlenítve végezhette. Ezzel pedig gyakorlatilag megoldódott a gerincesek törzsében a levegőlégzés.

Természetesen ne gondoljuk, hogy ezek az egyszerű zacskók rögtön valami kiváló tüdőkként működtek. Nem. De ne felejtsük el, hogy pl. a magas fejlettségi fokon álló békák tüdeje is még olyan tökéletlen berendezés, hogy az állat oxigénfelvételének csak aránylag jelentéktelen részét képes ellátni. Ha egy békát lakkal bekenünk, — hamarabb fullad meg oxigénhiány miatt, mint ha a tüdejét operáljuk ki teljesen. Itt természetesen arra is kell gondolnunk, hogy az állatok nagy része ezt a számukra kedvezőtlen időszakot egyszerűen — erősen lecsökkentett életműködéssel — „átalussza". Így a békák télre az iszapba fúrják be magukat, ahol csupasz, vékonyhámú bőrük segítségével egyszerűen bőrlélegzéssel veszik fel a lecsökkentett anyagcsere számára szükséges oxigént.

Nagyjából ugyanezt látjuk Ausztrália, Afrika és Dél-Amerika ún. tüdőshalainál, melyek életelemük, a víz kiszáradásakor beássák magukat a nedves iszapba, és lecsökkent életfunkciók mellett, kezdetleges tüdőkként működő légzacskóikkal — a külvilág felé hagyott nyíláson át — levegőt lélegzenek. Egyes esetekben be is tokozódnak, s így még tökéletesebben elszigetelődve a külvilágtól, még ez a gyenge életműködésük is tovább csökken.

A máig is fennmaradt tüdőshalak kezdetleges „tüdeje" mutatja a tudományos kutatásnak azt az utat, amelyen a levegőlégzés eredetét, és ezen keresztül a szárazföldi élet egy fontos feltételét keresheti.

Ugyanekkor azonban nemcsak a levegőlégzés és a szárazföldi élet kezdeteit ismerhetjük meg ezekben a szinte változatlan konzervativitással megőrzött ősi sajátságokban, hanem azt az utat is, amelyen a valódi halak mérhetetlen formagazdagságának egyik igen jellemző berendezkedése, az ún. úszóhólyag jött létre.

A kettős lélegzetű „halak", a bojtosúszósok és a valódi halak legrégibb ismert képviselői nem nagyon különböznek egymástól. Maradványaikat édesvízi üledékekben találjuk. Ez azt igazolja, hogy kivétel nélkül még abban a környezetben tartózkodtak, ahol a víz oxigénszegénysége miatt a levegőlégzés első lépéseit megtették.

A kettőslélegzetűek máig is megmaradtak ebben a környezetben. A valódi halak zöme azonban, amint pl. a bojtosúszósok kései utóda — a harmincas évek végén felfedezett *Latimeria* — bizonyítja, hogy a gerincesek e két ága újra visszavándorolt a nagy nyílt tengerekbe, ahol a légzacskó a korlátlan kopoltyúlégzési lehetőségek mellett teljesen elveszítette eredeti rendeltetését, és — hártyafalú zacskóvá egyszerűsödve — a halak jól ismert úszóhólyagjává alakult.

Az úszóhólyag azután a megváltozott körülmények közt új szerepet kapott. Ahhoz, hogy ezt megértsük, gondoljunk a tengeralattjáró hajók hidrosztatikai elvére. A hajótest súlya ellenére sem tudna víz alá merülni (a bezárt légtér kis fajsúlyának felhajtóereje miatt), ha fajsúlyát meg nem növelnék a hajótest oldalában elhelyezett terjedelmes víztartályokba szükséghez mérten beengedett vízzel. De nem tudna újra felszínre emelkedni sem, ha a víztartályok vizének kiszivattyúzásával nem csökkentenék fajsúlyát.

Ugyanez a helyzet a halakkal. Itt nem víztartály, hanem az úszóhólyag a „hidrosztatikus" szerv. Ez teszi lehetővé, hogy a haltest a vízben szabadon lebegjen — anélkül, hogy akár a fenékre merülne, akár a felszínre bukkanna. Így tehát semmiféle erőt sem kell igénybe vennie ahhoz, hogy a víz egy bizonyos szintjében maradhasson.

A valódi halak úszóhólyagja a kezdetlegesebb szervezetű alakokban egy csatornán keresztül még közvelenül összefügg a szájüreggel. Ez igazolja eredeti kapcsolatát a garattal. A legspecializáltabb halakban már ez a csatorna is teljesen visszafejlődött. Az úszóhólyagot megtöltő gázkeverék (mert ezt csak igen durva megközelítéssel mondhatjuk levegőnek) időről időre szükségessé váló szabályozása már csak a vérkeringésen keresztül lehetséges.

Egy másik — kevésbé alapvető, de annál feltűnőbb — tulajdonsága a valódi halaknak, bojtosúszósoknak és kettőslélegzetűeknek: az egész testet beborító pajzsok illetve pikkelyek rendszere. Ezt a cápán — mint a korábbiakban láthattuk — csak a bőrben elhintett kis szemölcsszerű kezdemények képviselik, összefüggő testburkot azonban sohasem alkotnak.

Mármost ennek a fejen csontlemezekből, a test többi részén összefüggő pikkelyburokból álló testfedőnek a jelenléte is egész sereg további átalakulást vont maga után, másrészt magának a pikkelyzetnek a kialakulása is változatos formában ment végbe.

Maguk a pikkelyek eredetileg teljesen hasonlók voltak a cápaformájúak és a még ősibb vízi gerincesek testét fedő csontrögöcskék, pikkelyek vagy lemezek felépítéséhez (l. ott). Ahogy ezek a kezdetben rendszertelenül elszórt rögöcskék nagyobbodva összeértek — , az egész testben az útkövezet kockáihoz hasonlóan érintkező, rombusz alakú lemezek rendszerét alkották. Ahol a test nagyobb méretű mozgékonysága következtében ezek is állandóan mozogtak-hajoltak egymás mellett, ott érintkezésük szabad maradt, míg ahol merev testrészt fedtek, ott az egyes pikkelyek növekedése korlátolt volt, és szorosabb kötésbe is kerültek egymással. Ez elsősorban a koponyára vonatkozott, ahol a sok pikkely helyett hamarosan kisebb számú, nagyobb méretű fedőcsont jelent meg.

Valamennyi csoport közös tulajdonsága, hogy az első működő kopoltyúrés előtt elhelyezkedő függőleges pikkelysor megnagyobbodott, s kopoltyúfedővé vált, mialatt a többi kopoltyú is a kopoltyúfedő alá húzódott be. Így jött létre a cápaformájúak és még kezdetlegesebb ősgerincesek sorban, egymás mögött elhelyezkedő kopoltyúrései helyett a halak, a bojtosúszósok, és a kettőslélegzetűek kopoltyúfedővel takart kopoltyúrendszere.

Végül e nagy csoport harmadik lényeges új szerzeménye a páros végtagok fejlő-

déséban mutatható ki, mégpedig bizonyos tekintetben a kopoltyúrendszer előretolódása következtében.

Azáltal, hogy a kopoltyúk előrenyomulnak, a mellső páros végtagok támasztószerkezete (vállöv) is előre tolódhat, mígnem eléri a koponya hátsó csontjait, majd ezekkel érintkezve — valósággal nekik támaszkodva —, a végtagpár számára sokkal szilárdabb alapot nyújt. Ez a folyamat a legfejlettebb csontoshalakon odáig jut, hogy még a hátsó végtagpár is előre tolódik. Végül is támasztószerkezetével („medenceöv") a vállövhöz támaszkodva, bekapcsolódik a koponya sztatikus rendszerébe. Ezzel a két páros végtag mint a test kormányrendszere — teljesen a koponyához kapcsolódik, vele egy tömböt alkot, míg a tulajdonképpeni motor, a farok (a hozzá kapcsolódó páratlan uszonyok rendszerével) a test hátsó végén helyezkedik el.

Mindezek az új szerzemények — tüdőkezdemény-úszóhólyag, kopoltyúfedő, és a koponyához szilárdított páros végtagok — nemcsak teljes kibontakozásukban, hanem mint specializálódási irányok is teljességgel ismeretlenek az eddig tárgyalt primitívebb ősgerinceseken.

Mire lehet ebből következtetni?

Talán arra, hogy e három csoport kialakulásában minden egyéb ősgerinces-csoporttól elkülönítetten, közös őstől származott volna, és így egymással áll közelebbi rokonságban? Vagy talán azonos életfeltételek mellett az azonos kényszer kiválogató hatása mindhárom csoportban egymástól függetlenül csoportosította azokat az indítékokat, amelyek 100—200 millió év alatt, sok millió nemzedéken keresztül öröklődve és egymásra halmozódva, külön-külön hozták létre ezeket az alkalmazkodási formákat.

Teljes határozottsággal egyik felfogás mellett sem állhatunk ki. Mindkettő mellett szólnak érvek, kizárólagos és megdönthetetlen érv azonban egyik lehetőséget sem támogatja. Talán még legvalószínűbbnek azt a feltevést fogadhatjuk el, amely kétféle mértékkel mérve, a valódi halakat élesen elválasztja a másik két csoporttól, a tüdős- és bojtosúszós halaktól, s ezeket a valódi (csontos) halakkal szembeállítva — egymással közelebbi rokonságba vonja.

Nem célunk ennek a vitának a részletezése. A fő érvek a következők.

Első megállapításként leszögezhetjük, hogy mindhárom csoport legősibb ismert képviselőin is megvoltak azok az élesen megkülönböztető jellegek, amelyek alapján őket a mai rendszertan-tudomány a leghatározottabban elkülöníti. Így elsősorban: a valódi halaknak, legősibb képviselőiktől kezdve — páros végtagjaik helyett átalakult pikkelyekből képződött ún. úszósugarakból felépített álvégtagjaik vannak. A két másik csoport viszont — ugyancsak legrégibb képviselőitől a mai napig — valódi végtagokkal rendelkezik. Ezek a végtagok belső porcvázzal támasztott, izmokkal körülvett testnyúlványok; peremükön a halakról ismert úszósugár-szegély van. Tehát itt is a valódi halak állnak távolabb, míg a bojtosúszósok és kettőslélegzetűek egymás közt közelebbi kapcsolatokat jeleznek. A rokonság foka tehát valóban nem azonos értékű a három csoport között.

Itt azonban még egy szempontot kell figyelembe vennünk: a halak álvégtagjai, a kettőslélegzetűek és bojtosúszósok valódi végtagjai két elvi fontosságú különbséget jelentenek, amelyet az életmód és a fejlettségi fok alapvető különbségei nélkül aligha tudunk megmagyarázni. Mi lehet ennek a különböző irányú fejlődésnek az oka?

Ismereteink mai fokán nem gondolhatunk másra, mint arra, hogy a két egymással ellentétes csoport fejlettségének igen eltérő állomásán nyerte páros végtagjait. Emlékezzünk csak a cápaformájúakra. Összefüggő pikkelyvázuk nincs, végtagjaik pedig elvileg ugyanolyan felépítésűek, mint a kettőslélegzetűeké és a bojtosúszósoké.

Vagyis valódi végtagok, belső porcvázzal, amelyeket izmok vesznek körül, és ezekhez tapadva mozgatják a végtagot. Ebből nem akarunk rögtön e két csoportnak a cápafélékkel fennálló közelebbi rokonságára következtetni. Mást látunk ebben. Azt tudniillik, hogy ezeken (a cápafélékhez hasonlóan) még nem alakult ki az a viszonylag merev pikkelypáncél, a végtagok keletkezésekor amely a valódi halakat álvégtagjaik első kezdeményének megjelenésekor már régtől fogva jellemezte.

Ebben látjuk mind szervezetileg, mind fejlődéstörténetileg a döntő jelentőségű különbséget a valódi halak, valamint a bojtosúszósok és kettőslélegzetűek között. Ez a különbség követeli meg, hogy az utóbbiakat rendszertanilag is egységes csoportként állítsuk szembe a valódi halakkal. Ezt újabban a kutatók jó része meg is teszi. A szembeállítás önálló csoport felállítását teszi szükségessé. De ez a csoportnév nem a végtagalakulás különbségét tükrözi vissza, hanem a csoportnak egy másik, ezen a fokon még nem túl jelentős jellegzetességére utal. Ez pedig a szaglószerv elhelyezkedése.

A legalacsonyabb fejlettségi fokon álló gerincesek szaglószerve a fej elülső vége táján elhelyezkedő páratlan vagy páros bemélyedésben végződik, amelynek falát idegvégződésekkel bőven ellátott hámszövet burkolja. A víz könnyebb áramlása érdekében a bemélyedést egy bőrgát kétnyílásúvá különíti. A bemélyedésbe hatol a környezet vize, és itt érzékeli a hal a víz összetételének az életműködése szempontjából fontos sajátosságait.

Ilyen a szaglószerv elhelyezkedése a valódi halakon. Viszont a másik két csoport szaglószerve a szájüregben foglal helyet úgy, hogy egyik nyílása közvetlenül a szájperem mögött helyezkedik el, míg a másik e mögött, a szájpadlás fogsorokon belüli felületén. Itt kell megemlítenünk, hogy mind egyénfejlődési sorokon, mind pedig a legősibb kétéltűek maradványain szinte lépésről lépésre követhetjük a szaglószerv elülső nyílásának vándorlását — előbb a szájüreg peremére, majd a fogsorok közt kitörve fokozatosan a fej elülső felszínére. Ezáltal létrejön (első, kezdetleges formájában) a fej külső felületére nyíló és csatornán át a szájüregbe vezető, ott pedig beszájadzó szaglószerv. A fejlődés folyamán később a szagláson kívül a levegőlégzésnek a szájnyílástól, tehát az eredeti kopoltyúlégzés útjától immár teljesen függetlenített járata alakul ki.

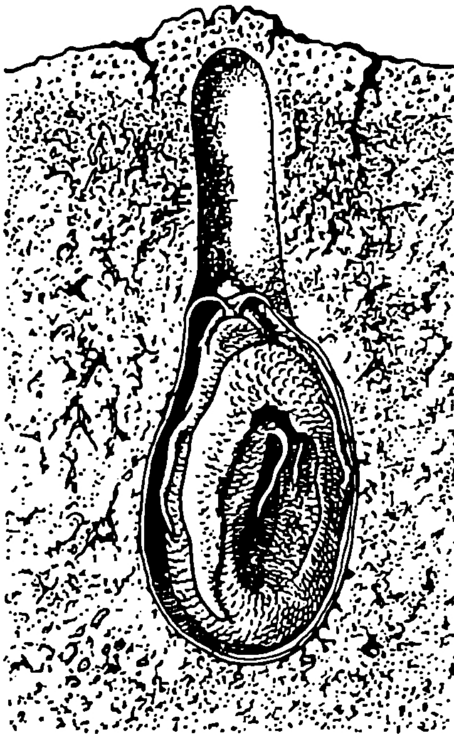
A kettőslélegzetűek és bojtosúszósok e tulajdonságát véve alapul, a rendszertan ezeket *Choanata*, azaz *belső orrnyílásúak* néven állítja szembe a valódi halakkal, melyeket ebben a szűkített értelmezésben *Actinopterygii* néven foglalnak össze.

Mindent egybevetve kétségtelennek látszik, hogy a cápaformáktól élesen elkülönült magasabbrendű gerincesek már a devon elején két, jól megkülönböztethető ágon fejlődtek tovább. Az egyikben a valódi halak *(Actinopterygii)* később roppant alakgazdagságban, a Föld minden valamirevaló vizét — a legmagasabb hegyi pataktól a tenger legnagyobb mélységéig — benépesítő tömege foglal helyet. A másikat pedig kezdetben a belső orrnyílásos *Choanata* ág két korán különvált csoportja, a mindmáig csak a szubtrópusok időszakosan kiszáradó vizeiben, szűkreszabott életterületen „tengődő" kettőslélegzetűek *(Dipnoi)* és a Föld ókora után igen megritkult, két-három még élő típusában három évtized óta ismert bojtosúszósok *(Crossopterygii)* képviselik. Az utóbbiak azonban mindenekfölött azért tarthatnak számot érdeklődésünkre, mert fejlődéstörténetük, anatómiai felépítésük és eredeti életmódjuk folytán végső fokon a legközelebbi rokonságban vannak az emlősállatokkal, így tehát az emberhez is vezető fejlődési irány feltételezett közvetlen őseivel. Egy bizonyos pontig egymástól el sem választhatók. Ezt a kérdést azonban később tárgyaljuk. Addig térjünk vissza a halak és a *Choanaták* közelebbi ismertetésére.

Talán nem kell ismételni, hogy a fentiek szerint a halak alatt ebben a fejlődéstörténeti seregszemlében csak egy részét értjük azoknak az állatoknak, amelyeket a hétköznapi életben halnak mondunk. Ez a fogalomszűkítés bizony elég hosszú tudománytörténeti fejlődés eredménye. Egy-két különlegesen képzett, széles látókörű gondolkodón kívül az egész ókor és középkor — tudós és laikus egyaránt — még az emlősállatokhoz tartozó ceteket és sziréneket is a halakhoz sorolta. Csak a XVIII. században kezdték ezeket az emlősállatokat valódi rendszertani helyükre „áttelepíteni", míg sokan ma is még „cethalról" beszélnek. De mindez aránylag kis része a különböző törzsfejlődési fokú és rangú gerinceseknek. A legrégibb korok (szilurdevon) legkezdetlegesebb szervezettségi fokon álló gerinces lényeit sajátságos, változatos alakú páncélos „halait" és a cápaformájúak népes seregét csak a századforduló táján, az utolsó évtizedekben, sőt években telepítette ki a tudomány a halak fogalomköréből. Erről a nagyközönségnek még édeskevés tudomása van, s nem is fogja az új fogalom-elhatárolásokat egyhamar átvenni.

A fentiekben vázolt és a fejlődéstörténet segítségével levezetett fogalomszűkítés alapján azt mondhatjuk, hogy a halak a gerincesek törzsének olyan osztályát alkotják, amelyet a következőképpen jellemezhetünk.

Megnyúlt, oldalt lapított, hengeres vagy kígyószerű testük kétoldalian részarányos. Tengerben vagy édesvízben élnek. „Hidegvérű" állatok. A gerincesek többi osztályától megkülönbözteti őket a porcos vagy csontos belső váz. Koponyájukat bőrcsontok, testüket pedig eredetileg pikkelyekből álló takaró fedi, amely a kopoltyúkat is egységes fedővel burkolja be. Páros és páratlan végtagjaik pikkelyeredetű ún. álvégtagok. Valamennyien kopoltyúval lélegeznek, s úszóhólyagjuk csak kivételesen fejlődött vissza. (10 ábra.)

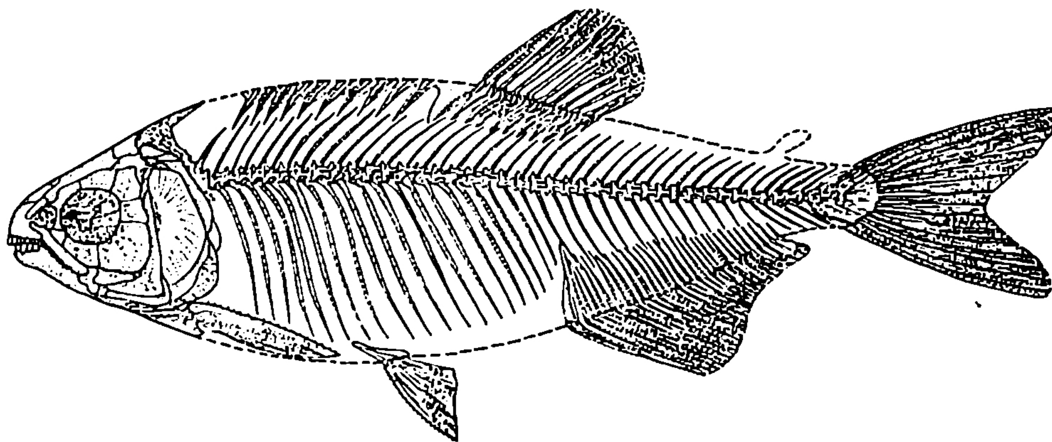


10. Az afrikai Protopterus *tüdőshal a vízfenék talajába beásva, betokozódva várja be az esős időszak beálltával a víz visszatértét*

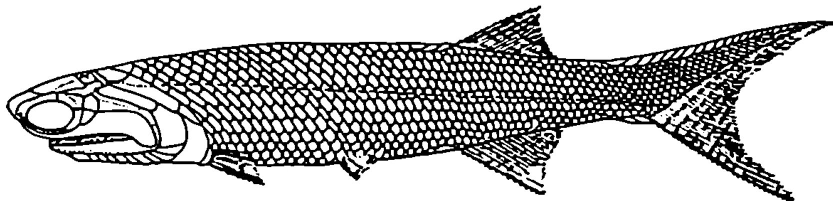
Természetesen ez a rövid jellemzés nem terjed ki olyan részletekre, mint pl. a koponyacsontok elhelyezkedése, összenövése vagy átalakulása révén létrejött bonyolult helyzet ismertetése, valamint számos — csak a szakember számára szemléletes — jellemvonásra.

Erre márcsak azért sem vállalkozhatunk, mert a halszerű gerincesek mintegy 20 000 fajának túlnyomó többségét adó valódi halak a forma-változatosságnak olyan tobzódását nyújtják, amelyet áttekinteni — főleg azonban összekötő tulajdonságok alapján rendezni — nemcsak a kívülálló érdeklődő, hanem bizonyos tekintetben ma még a specialista sem tudja.

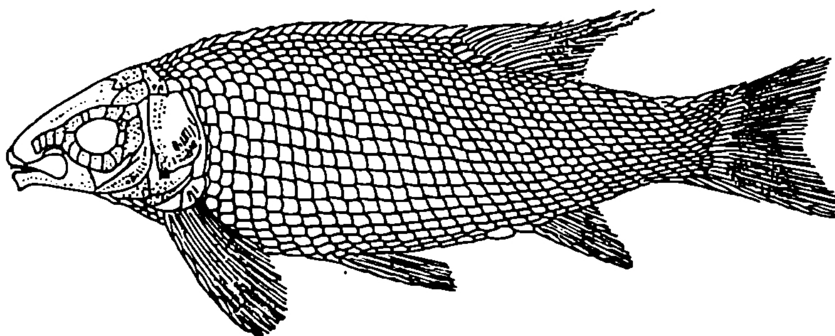
Éppen ezért meg kell elégednünk azzal, hogy csak utalunk ennek az utolérhetetlen változatosságú nagy csoportnak az alakgazdagságára, és megelégszünk a fejlődés nagy „országútjának" a bemutatásával, amelyen elindultak és a maguk külön útját járva eljutottak. Az elért formagazdagság érzékeltetése, a halak áttekinthetetlen specializációs szétágazásának bemutatása már a



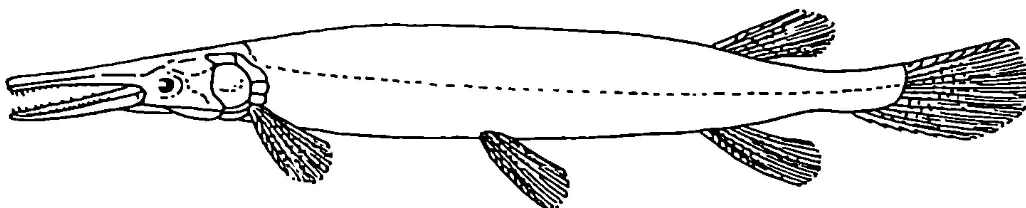
11. Harmad időszaki csontoshal csontváza



12. Permkori, ősi szabású csontoshal (Palaeoniscus) *(a csoport képviselői a devontól kezdve ismeretesek)*



13. Permkori, zománcpikkelyes csontoshal (Acentrophorus)



14. Az észak-amerikai páncéloscsuka (Lepidosteus), *ma is élő zománcpikkelyes hal*

leíró zoológus feladata; ő is csak arra vállalkozhat, hogy szerény keretek közt szemelvényeket ad belőle.

Elegendő, ha felhívjuk a figyelmet a halak birodalmára, a rohanó hegyipataktól a méltóságteljesen hömpölygő folyamokig, az alkalmi állóvizektől a végeláthatatlan lápvilágokig, tengernyi nagyságú tavakig, tengerek szikláspartú vagy bársonyos fövenyű peremi vizeitől a világtengerek végtelen síkjáig és mérhetetlen mélységeiig váltakozó ezernyi élettájra és élesen eltérő környezethatásra, amelyek mind a test felépítésének, az állat életmódjának, alkalmazkodási adottságainak száz- és ezernyi változatát kényszerítik ki, s ezzel okaivá, kifejlesztőivé válnak a gerincesek egyetlen más osztályában sem látott alakgazdagság kibontakozásának (11—14. ábra).

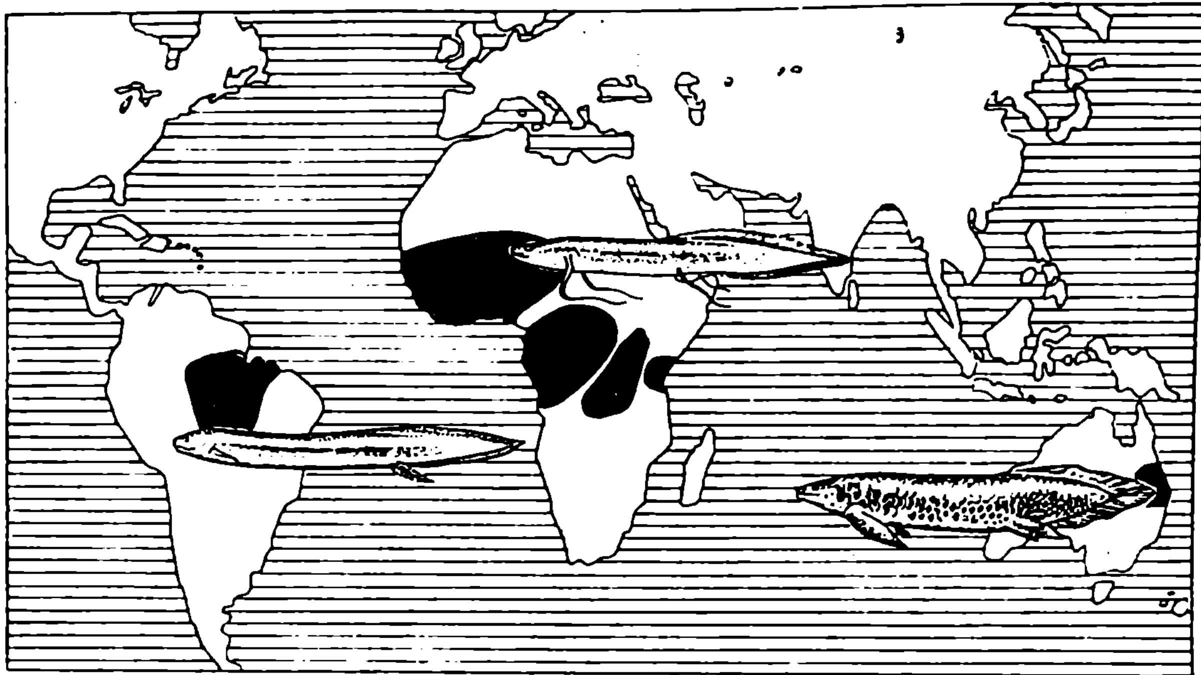
Ez az oka annak, hogy a vizek birodalmában, a halak közt a gömb formától a kígyó- illetve botsáska-szerűen megnyúlt, esetleg hosszú kocsányokon lógó szemű bizarr alakokig, a kétoldalt korongvékonyra lapított formától a hát-hasi irányban teljesen lelapult tányérformáig, a páncélos alakoktól a pikkelyruhába burkoltakon keresztül a teljesen csupaszokig, a csupaszáj alakoktól a kis szűk, résszerű szájnyílásúakig, a hatalmas teleszkópszeműektől a teljesen vak formákig, vagy a mélytengerek örök sötétségében saját „lámpással" világító, bizarr formákig, a tenger habjait a gyorsvonat sebességével hasító, vagy szárnyszerű hatalmas mellúszóikkal madarak módjára a levegőbe felemelkedő alakoktól a más halakra rátapadva magukat tovahurcoltatókig minden alak- és életmódbeli alkalmazkodás megtalálható.

A hiányzó láncszem

A fejlődéstörténeti gondolat diadalra jutása után természetszerűen a legnagyobb érdeklődéssel fordultak a kutatók a nagy rendszertani csoportokat „összekötő" ún. átmeneti alakok felé. Ezek közt is egyik legelőkelőbb hely az Afrika, Dél-Amerika és Ausztrália időszakosan kiszáradó vizeiben élő és a száraz időszakot tüdőlégzéssel átvészelő ún. tüdőshalaknak vagy kettőslélegzetű halaknak (15. ábra) jutott. Az idesorolható három „élő fosszilia" (élő kövület, ahogy a régmúlt időkből ősi szabással visszamaradt alakokat hívni szoktuk), a *Neoceratodus*, a *Protopterus* és a *Lepidosiren* — bizony sok tulajdonságával megdöbbentően hasonló utat futott meg a szárazföldet meghódító négylábúakkal. Így elsősorban — ami a múlt század kutatóinak szemet szúrt — úszóhólyagjuk tüdővé alakult át, legalábbis kezdetleges fokon. Továbbá: nem álvégtagjaik vannak, mint a valódi halaknak, hanem „nyeles", tehát belső porcvázas, izmokkal fedett és mozgatott, csak a peremükön úszólebennyel körülvett, anatómiai alapjaiban a négylábúakéval homológ (származástanilag azonos) valódi végtagjaik. Ezek a négylábúakétól csak abban különböznek, hogy úszók, s nem járóvégtagnak alakultak ki, tehát nem széttartó sugarakban (ujjakban) végződnek. És végül — mint azt újabban a kutatók nyomatékosan hangsúlyozzák —, belső „orrjáratuk" van, (innen a *Choanata)* akárcsak a négylábúaknak.

A tüdőshalak devonkori (16. ábra) és későbbi képviselőinek gondos vizsgálata azután lelohasztotta a kezdeti lelkesedést. Kimutatták ugyanis, hogy a tüdőshalak nem közvetlen elődei, ősei a devon végén úgyszólván „készen" megjelenő négylábúaknak (*Ichthyostega* stb.), hanem ezekkel párhuzamos fejlődésen átment oldalági rokonai. A vizsgálatok kétségtelenül igazolták, hogy a tüdőshalak egész koponyafelépítése, fogazata, specializációja, a tüdők és belső orrnyílások kialakítása, és sok más jellege a négylábúak fejlődésének irányától eltér.

Ám éppen a devon és karbon időszaki „halak" beható vizsgálata mutatta meg,

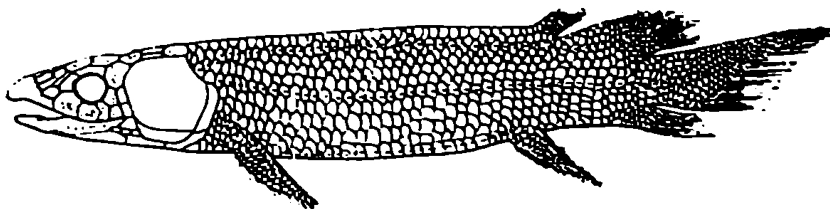


15. A tüdőshalak mai képviselői: a dél-amerikai Lepidosiren, *az afrikai* Protopterus, *és az ausztráliai* Epiceratodus — *elterjedési területükkel*

hogy bár a tüdőshalak nem is lehettek a négylábúak ősei, — de a velük egy időben megjelenő ún. bojtosúszósok *(Crossopterygii)*, melyeket kezdetben részben a tüdőshalakhoz, részben *Ganoidei* néven a valódi halakhoz soroltak, sokkal inkább kielégítik azokat a kívánalmakat, amelyeket a négylábúak „halszerű ősével" szemben támaszthatunk.

Kiderült ugyanis, hogy ez a Föld ókorában eléggé elterjedt ősi alakkör koponyaszabásában messzemenően megfelel annak a felépítésnek, amelyből elméletben már le tudnánk vezetni a négylábúak ősi koponya-szabását. Emellett ez a csoport végtagjai felépítésében sokkal jobban megközelíti azt a belső támasztóváztervet, amelyből bizonyos továbbfejlődéssel megint csak kifejlődhetett az ősi négylábúak lába.

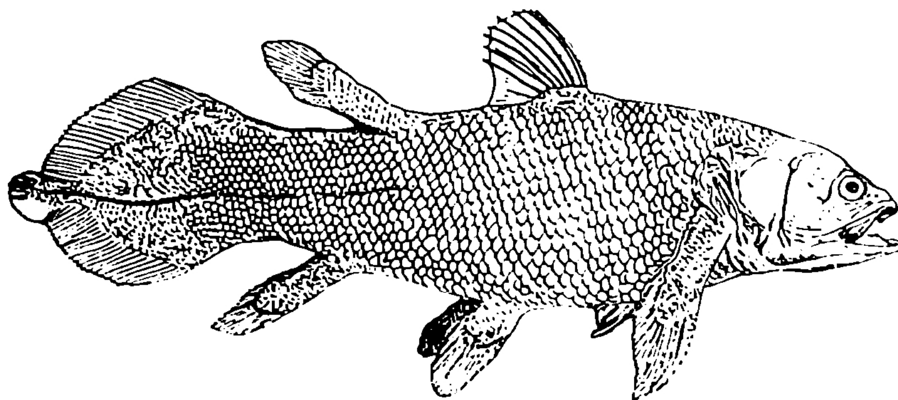
Mialatt azonban a tudomány a bojtosúszósok anatómiáját tanulmányozta — a *Porolepis, Osteolepis, Coelacanthus, Laugia, Undina* és egyéb, a devontól a kréta felső részéig élt nemzetségek maradványain — és igyekezett megtalálni azt az alakot, amely akadály nélkül állítható a négylábúak kiindulási pontjára, váratlanul a zoológusok szóltak bele a kérdésbe: Kelet-Afrika partközeli vizeiből egy új haltípust írtak le 1939-ben, melyről kiderült, hogy a 70 000 000 éve kihaltnak vélt bojtosúszósok élő képviselője (17. ábra). A *Latimeriá*nak elnevezett nagyfontosságú leletet



16. A tüdőshalak igen ősi — devon időszaki — képviselője (Dipterus)

egy második bojtosúszós haltípus, a *Malania* felfedezése követte a háború utáni években, sőt valószínűleg még egy harmadik nemzetséggel is számolhatunk ebből a csoportból. Ezek a felfedezések lehetővé tették, hogy az eddig csak ősmaradványok révén ismert állatcsoportot élő képviselőin keresztül jobban is megismerhessük. (Megnyugvással állapíthatjuk meg, hogy amit a vizsgálatok eddigi eredményei mutatnak, csak kiegészíti, de nem változtatja meg az őslénytan idevágó megállapításait.)

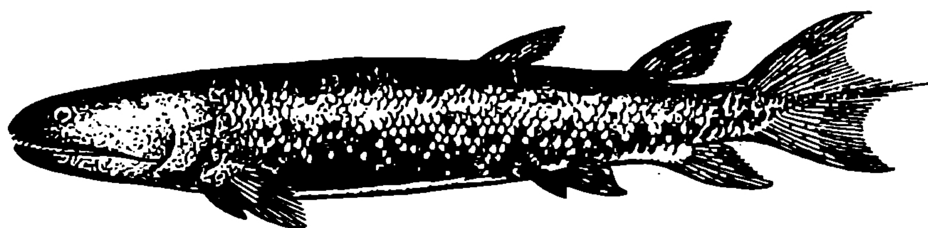
Ami az élő bojtosúszósok felfedezéséből következő komoly és váratlan meglepetés, az — felbukkanásuk tényén kívül — elsősorban az ismert ókori-középkori



17. A százmillió évnél régebben kihaltnak hitt bojtosúszósok nemrég felfedezett élő képviselője, a Latimeria

elődökével szemben teljesen megváltozott környezet. Ugyanis míg ezeket az összes lelőhelyen édesvízi rétegekből gyűjtötték, addig a maiak kivétel nélkül óceáni, mélyebb vizekből kerültek felszínre, vagyis az elmúlt hetvenmillió év alatt a bojtosúszósok a várakozással ellentétben sem nem haltak ki, sem nem váltak szárazföldi — négylábú — állatokká, hanem a többi halak példáját követve kirajzottak a világtengerekbe, hátat fordítva a szárazföldi életre való áttérés minden lehetőségének.

A *Latimeria* és társai esete fokozott óvatosságra int a négylábúak bojtosúszós-eredetének kérdésében is: az egész csoport fejlődési „trend"-jében, irányában nyoma



18. A végtagalkotásában már a négylábúakra emlékeztető devon időszaki Eusthenopteron *bojtosúszós hal*

sincs a szárazföldi életre való specializálódásnak. Ez mutatja, hogy az *Eusthenopteron* (18. ábra) és más alakok sokban a legősibb négylábúakra emlékeztető néhány bélyege (mint a koponyacsontok viszonylag hasonló elrendeződése a négylábú-végtag vázfelépítésének levezetésére minden eddig ismertnél alkalmasabb szerkezete), nem jelent a négylábúak bojtosúszós-eredete melletti bizonyítékot. Talán valószínűbb ebben az esetben a közös eredet.

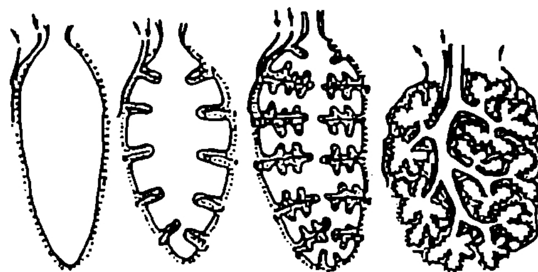
Arra azonban, hogy mi a kérdés megoldása, csak a további — szerencsés — leletek adhatják meg a mainál biztosabb választ.

A devon első felétől kezdve a növény- és állatvilág kényszerű terjeszkedése indult meg. Talán úgy fejezhetjük ki magunkat a leghelyesebben, ha azt mondjuk, hogy a vízi élőlények egy része fokozatosan „azon vette magát észre", hogy szárazon van. A víz körös-körül eltűnt, kiszáradt, részben pedig alkalmatlanná vált arra, hogy az állat benne mozogjon, ellenségei elől elrejtőzhessen, és táplálékát kivadássza belőle.

Eddig a kérdés igen egyszerű volna. De vajon ebben az esetben minden további nélkül lehetséges ez a „kitelepülés"? A növényvilág fejlődésében láttuk azokat a szerveződésbeli mozzanatokat, melyek célja ugyan korántsem a szárazföld meghódítása, a szárazföldi életre való alkalmazkodás volt, mégis éppen erre bizonyultak igen eredményesnek és célravezetőnek.

Ugyanerre a következtetésre kell jutnunk a szárazföldi életre áttért gerinctelenek esetében, és ugyanezt az eredményt láthatjuk a szárazföldivé vált gerinceseknél is.

Ahhoz, hogy megértsük a szárazföld meghódítására kényszerült gerincesek fejlődésének egyes lépéseit és végső sikereit, gyors pillantást kell vetnünk azokra a szerveződésbeli adottságokra, amelyek ezt a hatalmas ugrást az Élet fokozatos kibontakozásában lehetővé tették. Ez annál könnyebb, mert e szerzett új tulajdonságokat a choanáták tárgyalása során már nagyrészt ismertettük. Itt inkább csak az új fordulat létrejöttében játszott szerepüket kell megvilágítanunk.



19. A tüdő kialakulása az úszóhólyag fejlődési fokától a magasabbrendű szárazföldi gerincesek tüdejéig (balról jobbra)

Természetesen valamennyi közt első helyen kell említenünk a levegőlégzés újonnan alakult szervét, a szájüreg hátsó részéből nyíló és fejlettebb fokon tüdők formájában működő, rendszerint páros légzsákokat. Mint már említettük, ezek a véredényekkel bélelt hártya-zsákok csak arra szolgáltak, hogy az oxigénszegény vízben a légzést a levegőből lenyelt és ezekbe a légzsákokba préselt levegő oxigénjéből pótolják. Ezt a szerepet a kezdetleges „tüdők" jól el is látták, sőt, mint a mai tüdőshalak (kettőslélegzetűek) egyikén-másikán láthatjuk, a száraz időszakban teljesen lecsökkent életműködés mellett betokozódó állat teljes oxigénszükségletét is fedezi. Egyébre azonban ezek a kezdetleges légzőszervek önmagukban nem voltak alkalmasak (19. ábra).

De bármennyire csak levegőből való oxigénpótlás volt a legősibb tüdő-kezdeménynyel bíró, kopoltyúval légző ősgerincesek tüdejének szerepe, mégis kétségtelen, hogy csak egy jelentéktelen kis lépés választotta el az ősgerinceseket a kizárólagos levegőlégzés adottságától. És ha nem is ismerjük a szárazföldre kivándorolt, kopoltyúikat teljesen elvesztő legősibb kétéltűek tüdejének pontos szerkezetét, annyit biztosan állíthatunk, hogy fejlettségben a tüdőshalak és mai kezdetleges kétéltűek (gőték) tüdejének alig szembetűnő fejlettségbeli különbségét hidalta át — tökéletesen.

Mindezekből azonban az is kiviláglik, hogy a legősibb tüdős ősgerincesek tüdeje egyáltalán nem a szárazföldi élet kényszeréből született, hanem a szárazföldek hamar megposhadó, oxigéntartalmát fokozatosan elvesztő kisebb vizeinek lakóinál szükségessé váló oxigénpótlás kényszeréből.

Az természetesen minden további magyarázat nélkül érthető, hogy a tenyészeti

időszak elején, tehát a nagy esőzések után a petékből kikelő fiatal állatoknak még nem volt szüksége erre az oxigénpótlásra. Ez az igény csak az állat növekedésével és a víz oxigénjének a meleg-száraz évszak előrehaladásával párhuzamosan beálló elhasználódása miatt jelentkezett. Így a fiatal állat fejlődésének korai szakaiban még csak kopoltyúlégzés van. Csak később türemkedik be a szájüregből a tüdő kezdeménye és alakul ki a tüdő. Az állat tehát, akár a mai kétéltűek, csak élete későbbi szakában vált tüdőlégzésre alkalmassá.

Természetesen fel kell tételeznünk, hogy millió és millió évig a tüdőlégzés maximális teljesítménye csupán az volt, hogy az állat az időnként lenyelt levegőből ezekben a tüdőkezdeményekben némi oxigént vont ki a kopoltyúlégzés oxigénfelvételének pótlására. Ez a képesség ott, ahol a kényszer is leginkább fennállott, nemzedékek millióin keresztül fejlődött ki annyira, hogy a kétéltűek igen ősi alakjai már „megkísérelhették" rövidebb-hosszabb ideig víz nélkül, csupán a levegőből lélegezve nagyobb szárazságot is átvészelni. Ezzel pedig elméletileg a valójában még teljesen vízi életet élő ősgerinces képessé vált arra, hogy kifejlett korában — szükség esetén — a szárazon is élhessen.

A fejlődés során sokkal később, kialakulásuk teljes befejezése után, kedvező adottságként fejlődött ki a levegőlégzés segítségével az orrnyílások és az orrjárat rendszere. Eredetileg, mint azt előbb tárgyaltuk, ez csak szagló-ízlelő szerv volt, a fej elülső részén elhelyezkedő páros bemélyedés, amelyet középen lágyrészekből alkotott gát választott szét, miáltal két nyílás keletkezett az átáramló víz számára. Mármost ez a szaglószerv a *Choanatá*knál — innen a nevük — lehúzódott a szájperemen keresztül a szájüregbe. A legősibb ismert kétéltűeknél *(Ichthyostega)* az elülső nyílás a felső állkapocs peremén fekszik, mint annak kis bemélyedése. A későbbieknél viszont mindig e fölött, az állkapocs peremétől jól eltávolodva, a koponya külső felületén fekszik. Ebből logikusan arra következtethetnénk, hogy a hal-choanaták szájüregen belüli szaglószervének nyílásai közül az elülső a szájperemen keresztül visszavándorolt a koponya külső felületére, aminek következtében a belső és külső szagló nyílása közt elhelyezkedő csatorna révén a szájüreg és a külvilág közt egy páros összeköttetés képződött. Ez lehetővé tette, hogy rajta keresztül csukott száj mellett is bejuthassanak anyagok a külvilágból a szájüregbe. Nyilvánvaló, hogy ha az állat csukott szájjal leereszti a szájüreg fenekét, akkor a megnagyobbodott szájüreg szívó hatása a külső közeget, tehát a vizet vagy a levegőt szívja be a szájüregbe. Ezzel pedig bekövetkezett a levegőlégzés a száj nyitása nélkül, az orrnyíláson át.

Ha újra elképzeljük a még teljesen vízben élő ősgerincest, melyet a víz oxigénszegénysége arra kényszerít, hogy a levegőből pótolja oxigén-hiányát, észre kell vennünk, hogy a szájjal közvetlen összeköttetést biztosító orrüreg révén önként, készen adódik az állat számára a kényelmes, egyszerű levegőlégzés lehetősége. Mármost ha ez az állat történetesen a szárazföldre szorul ki, — levegőlégzése funkcionálisan teljes mértékben biztosítva van.

Fontosságát tekintve talán elsőnek kellett volna a végtagokat említeni, amelyek nélkül a szárazföldi élet egyszerűen elképzelhetetlen. Végtagok alatt itt a páros végtagokat értjük.

Mint az előző fejezetben tárgyaltakból már amúgy is kiviláglik, a *Choanaták* végtagjai — a cápafélékéhez hasonlóan — egészen más szabásúak és eredetűek, mint a halaké (l. 375. old.). Mint már említettük, a halak végtagjai tulajdonképpen nem valódi végtagok, csak megnyúlt és összetett, pikkelyekből alakult testszegélyek, amelyeket a tövükhöz tapadt izomvégződések révén mozgat az izomzat. Ezek a „végtagok" alkalmasak arra, hogy a farok kígyózó vagy hajócsavarszerű

mozgása segítségével előre hajtott testet kormányozzák. Még arra is alkalmasak, hogy egyes esetekben a vízben súlytalan testet föltámasztva a fenékről továbblökjék, de semmi körülmények közt sem tudják az állat testét a levegőn (ahol a test súlya a vízben tapasztaltnak sokszorosára ugrik) föltámasztani és a farok előrehajtó munkája nélkül előremozgatni. Ehhez egészen más berendezkedésre van szükség, pl. amilyenek a négylábúak végtagjai.

Arról is volt már szó, mi lehetett az oka, hogy az egyik esetben a halak álvégtagjai, a másik esetben pedig a *Choanaták* valódi végtagjai jöttek létre.

Azt a kérdést viszont most kell tisztázni, vajon a négylábúak, illetve közvetlen *Choanata* őseiknek a szárazföldi életre való áttérés következtében fejlődtek-e végtagjaik, vagy csak egy már megszerzett berendezkedés jött kapóra az új életmódra való áttéréshez, illetve tette azt minden további nélkül lehetővé.

Lássuk az adatokat.

Mindenekelőtt vizsgáljuk meg a legősibb *Choanaták* és főleg négylábúak végtagalkotását.

Az első, ami itt feltűnik — az, hogy a legrégibb (felső devonkori) négylábúak, az *Ichthyostega*-fajok végtagalkotása és a legbonyolultabb, legfejlettebb choanatavégtag felépítése közt igen lényeges a különbség. Ezt a különbséget ugyan a fejlődéstörténet kutatói igyekeznek a lehetőséghez mérten jelentéktelennek feltüntetni, hogy a négylábúak fejlődési vonalának, törzsfájának egyelőre minden igyekezet mellett is még fennálló hiányosságát lehetőség szerint áthidalják, mégis el kell ismernünk, hogy ez a különbség jelenleg megvan.

Miben nyilvánul ez meg?

Kezdjük azzal, hogy miben egyezik a kettő. Ha nem a páros végtag kialakulásának egész fejlődéstörténetét elemezzük végig, hanem csak a fejlettség ismert legmagasabb fokán álló crossopterygius-végtagot hasonlítjuk össze egy kezdetleges négylábú-végtaggal, akkor a következőket látjuk. (20. ábra)

Először is mindkét esetben a törzsön gyakorlatilag azonos felépítésű váll- illetve medenceöv biztosítja a végtagok szilárd támaszát. Másodszor a végtag vázát alkotó elemek a végtag tövén egyetlen tagból állnak, amelyhez annak szabad végén két további, egymás mellett fekvő elem kapcsolódik.

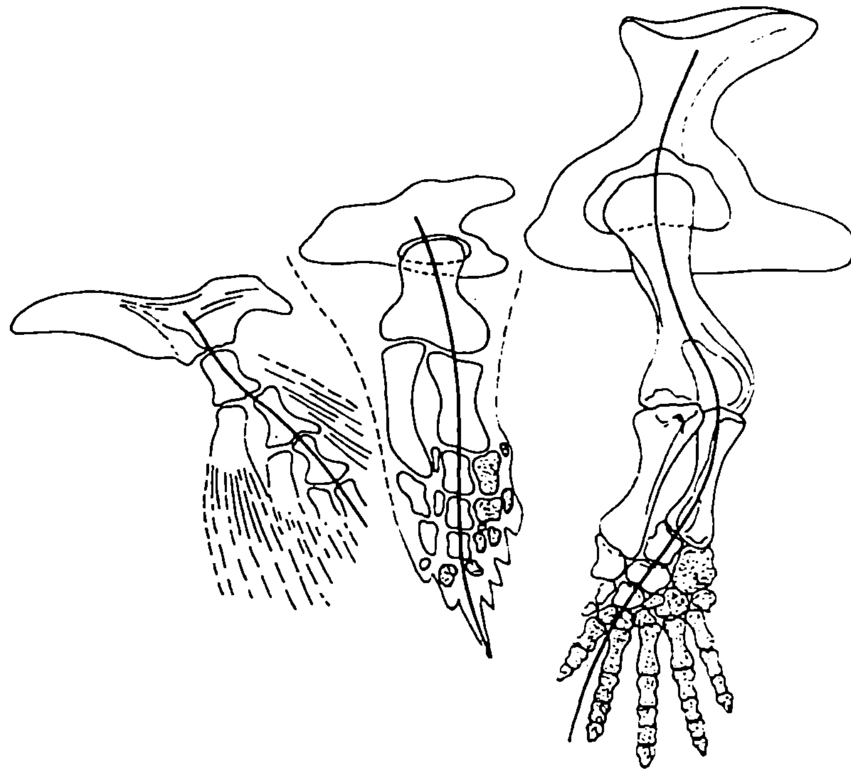
Amiben viszont a két végtagféle felépítése lényegesen különbözik, az először a további elemek száma és kapcsolódása egymáshoz, másodszor az a tény, hogy bojtosúszósok vagy kettőslélegzetűek végtagja mindig uszonyt alkot, a sugarak tehát a végükön nem szétterülők és keskenyedők, vagyis evezőszerű uszonyba illeszkednek, míg a négylábúak ujjainak sugarai széttartók, különállók, és semmiféle úszóhártya nem kapcsolja őket szorosan evező formájú uszonnyá.

A leglényegesebb különbségre utalva le kell szögeznünk, hogy ezt a végtag alapvetően különböző funkciójában kell keresnünk. A choanata végtag váz-felépítésének modellje az egy- vagy kétoldali tollas szerkezet, míg a négylábúaké a vége felé növekvő számú elemekből felépített, sugarasan szétágazó tartószerkezet. Az előbbi típikus evező; az utóbbi viszont szabályos feltámasztó elem.

Annak, hogy a vázolt különbségeket csak *lényegeseknek*, de nem *alapvetőknek* mondottuk, igen egyszerű a magyarázata. Ma is él a Földközi-tengerben és melléktengereiben (tehát az Adriában is) egy hal, melyet általában fecskehal néven ismernek. Ennek a különös alakú, nagyfejű halnak hatalmas melluszonyai vannak. Ebben eddig még nincs semmi különleges. Ami viszont különlegesség — és a mi szempontunkból említésre méltó —, az ennek az uszonynak a felépítése. A hatalmas, kinyitva pillangószárny formájú uszony első három úszósugara ugyanis nem kapcsolódik az uszonyhoz úszóhártyával, amely a többi sugarat összeköti, hanem szabadon áll

sőt rovarvégtag-szerűen behajlítható, és önállóan mozgatható. Mellső uszonyának 3—3 szabad „ujjával" azután mint egy nagy bogár vagy pók, szaladgál a mi halunk a víz fenekén, amikor „nincs kedve" lepkeszárny-uszonyait kiterítve úszva tovasiklani a vízben (21. ábra).

Miért említettük ezt a példát? Azért, mert a fecskehal szemlélteti a legjobban, hogy ha egy vízfenéken mozgó állat (melynek a halakéhoz vagy choanatákéhoz

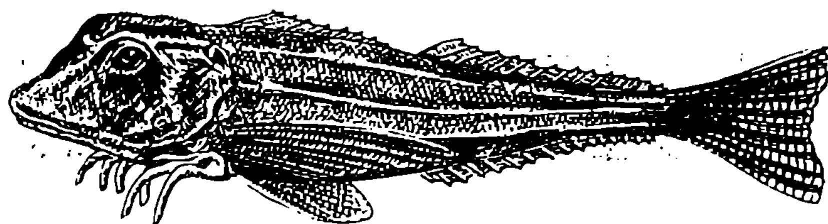


20. *A járóvégtag kialakulásának feltételezett útja az* Eusthenopteron *uszonysugaraitól a kétéltűek ötujjú járó végtagjáig (balról jobbra)*

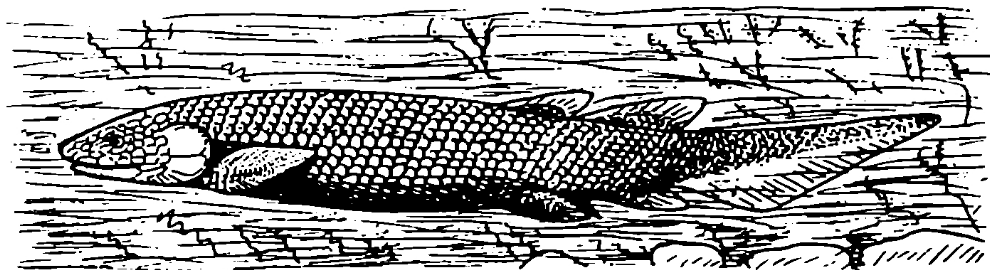
hasonlóan felépített uszonya van) nem úszva, hanem a fenéken járva kezd közlekedni, akkor elsőnek az úszósugarai válnak szét, illetve „önállósulnak". Ez tehát még olyan kis fejlődéstörténeti elkülönülés folyamán is létrejövő eltérés, mint a fecskehal esetében látszik, amelynek legközelebbi rokonain e járó alkalmazkodásnak semmi nyoma sincsen.

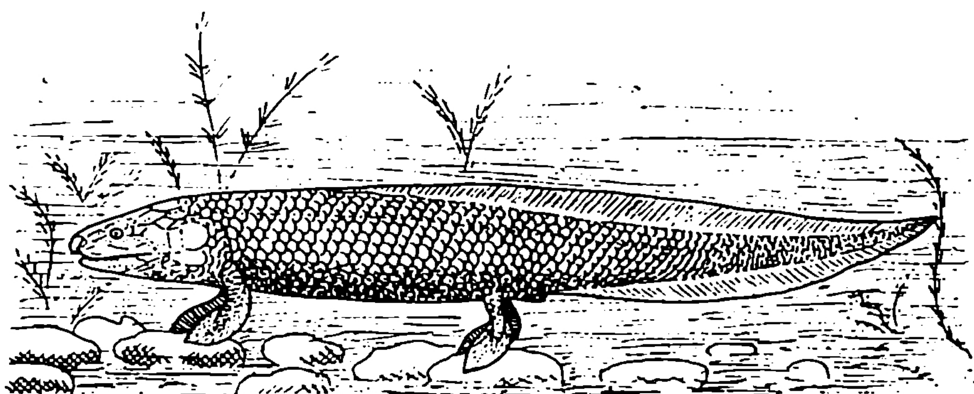
Ezzel a példával csak azt kívántuk igazolni, hogy ha egy ősgerinces-csoportnak fejlődéstörténete során a *Choanatá*kéhoz hasonló belső vázú úszóvégtagja van, amennyiben mozgása túlnyomóan a fenéken járó helyváltoztatássá módosul, — a fejlődésben jóformán alig számító rövid idő alatt módosulhat. Ez a módosulás rendszertani elkülönítésre csak egészen szűk keretek közt nyújt lehetőséget, s mégis olyan végtaggá válhat, amilyent a négylábúak ideális kiindulási végtag-szabásának fogadhat el a legszőrszálhasogatóbb fejlődéstörténész is (22. ábra).

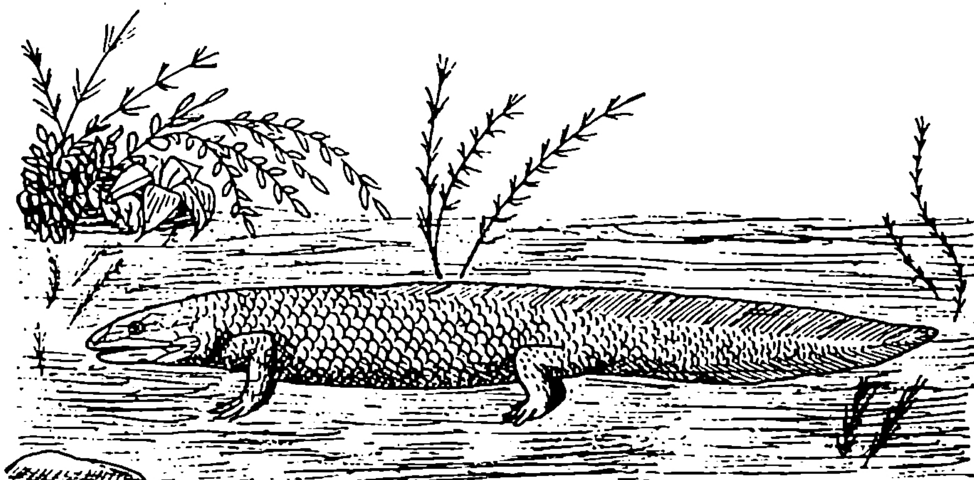
Mindebből az a tanulság vonható le, hogy a *Choanata* végtagféleség típusos uszony-forma és mint ilyen, nem a vízfenéken vagy éppen a szárazföldön való járás következtében létrejött végtagforma, hanem szabásánál fogva mindkettőre teljes mértékben alkalmas. Így minden további nehézség nélkül válik a négylábúak előbb a vízfenéken, később a szárazon való helyváltoztatásra alkalmas végtagjává.



21. A fecskehal (Trigla) *melluszonyának három különvált sugarán mint ujjakon „járkál" a tengerfenéken*



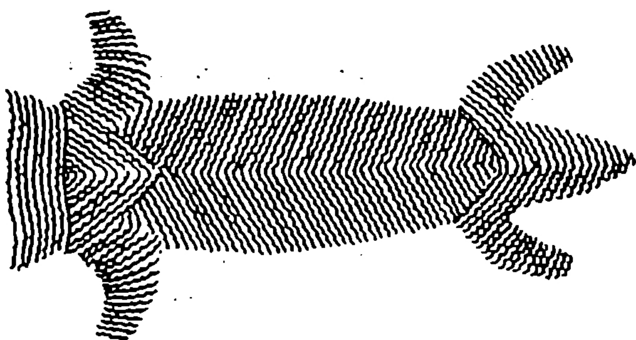




22. A négylábúak kialakulásának három foka: a) *a bojtosúszósokénak megfelelő halszerű fejlődési fok;* b) *a páros uszonyok járó végtag szerepének kialakulása;* c) *a járóvégtag, kialakulásának korai fokán*

Ez a végtag viszont viselőik megjelenésében, életlehetőségeiben, életműködésében oly mélyreható változásokat tett lehetővé, amely az állatvilágnak ezt a csoportját indokoltan állítja szembe az uszonyos *Choanatákkal* — „négylábúak" gyűjtőnév alatt. Ezt tükrözi *Tetrapoda* elnevezésük is a szakirodalomban.

A végtagoknál látszólag sokkal kevésbé fontos, mindenesetre nem olyan feltűnő tulajdonsága a négylábúaknak testük pikkelyekkel fedett felülete. Bármennyire is valószínűtlennek, sőt a logikával ellentétesnek látszik, ez a sajátságuk sokban hozzájárult ahhoz, hogy alkalmasakká váljanak a szárazföldi életmódra.



23. Karbonkori őskétéltű pikkelypáncéljának lenyomata a kőzetben

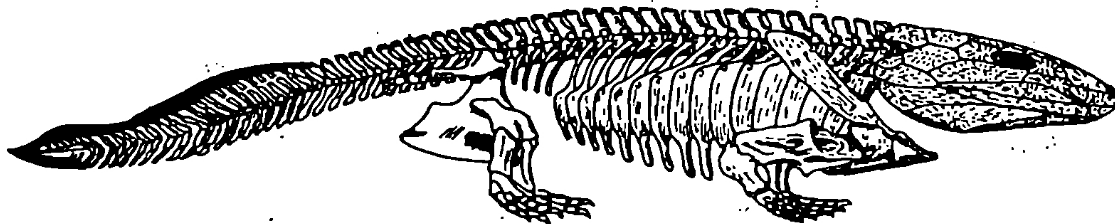
Ha ma élő példákat keresünk e kérdés megoldására, — bizony, a fenti feltevésnek az ellenkezőjét tapasztaljuk. A mai kétéltűek egytől egyig teljesen pikkelytelen, csupasz testű állatok. Ebből tehát arra kellene következtetnünk, hogy éppen a csupasz, bőrlégzéssel is oxigént felvevő alakok lehettek a szárazföld ellen ostromra induló első ősgerincesek, illetve ős-négylábúak.

E biztonságunkban azonban hamar megingat egy ugyancsak ma is élő kétéltűcsoport, a gőték és szalamandrák távoli rokonságába tartozó *Gymnophiona* kétéltűcsoport giliszta formájú, a földbe beásva élő vak tagjainak a példája. Ezek bőrében ugyanis mindenütt megtaláljuk még a hajdani csontlemezkék, pikkelyek elcsökevényesedett maradványait, kis csontszemcsék formájában. Ez tehát azt igazolná, hogy a kétéltűek bőrét eredetileg pikkelyek fedték, s ez a pikkely-takaró az idők folyamán ment veszendőbe.

De gyakorlatilag fölösleges azon törnünk a fejünket, vajon a földtörténet távoli múltjának kétéltűi pikkelyes védőpáncélt viseltek-e vagy csupaszok voltak. Ott van a megszámlálhatatlan ősmaradvány, amelyek közt — mégpedig a legkülönbözőbb rokonsági csoportokban — éppen elég példányon megtaláljuk a pikkelypáncél maradványait, vagy legalábbis lenyomatát (23. ábra). Ezzel tehát a legősibb szárazföldi négylábúak, a szilurvégi-devonkori ős-kétéltűek pikkelypáncélja bizonyítottnak tekinthető.

Más kérdés azonban e pikkelypáncél indokoltságának a bizonyítása.

Ott kell kezdenünk, hogy utalunk az előző fejezetekben a páncélzat és mozgékonyság kapcsán mondottakra. Mennél jobban páncélozott a test, annál nagyobb a fajsúlya, s egyben annál nehezebben tud a vízfenékről a víz szabad, magasabb rétegeibe emelkedni. Ennek viszont az a természetes következménye, hogy az állat végül is „lemond" az úszva mozgásról és a fenéken fog mozogni. De hogyan?



24. Az Ichthyostega *csontváz-rekonstrukciója*

Természetesen úgy, hogy farkcsapásokkal motorként igyekszik magát előrehajtani, miközben páros végtagjaival elrugaszkodik a fenéktől. Ettől már csak egy lépés a farok működésének csökkenésén és a páros végtagok szerepének növekedésén keresztül a félreérthetetlen, aktív négylábon járás kialakulása. A még vízben élő legősibb kétéltű-négylábúak járó végtagjainak kialakulásában a legfontosabb indítóok tehát éppen a test nehéz páncélzata. Ennek pedig szebb bizonyítékát nem is kívánhatjuk, mint az előbbiekben megismert legősibb négylábú, az *Ichthyostega* nehézkes testfelépítése, pikkelypáncélzata, és úszószegélyes, — az akkori „halak", ősi *Crossopterygius*ok stb. farkának felépítésétől elvileg semmiben sem különböző — farka! (24. ábra)

Ezzel azonban csak azt a korábbi állításunkat igazoltuk, hogy a legősibb négylábúaknak feltétlenül pikkelypáncélos állatoknak kellett lenniük. Azt azonban, hogy a szárazföldre kimászó és a szárazföldön — legalábbis életük késői, felnőtt szakában — huzamosan tartózkodni is tudó ősi formák is csak ilyen pikkelypáncélos alakok lehettek, egy élettani szemponttal valószínűsíthetjük a legmegbízhatóbban.

Nézzük meg, hol élnek a mai kéltéltűek. Vízben, víz mellett, nedves helyeken vagy ott, ahol ezek közel vannak és időről időre felkereshetők. Gyakorlatilag tehát a kétéltűek az elmúlt 400 millió év alatt nem voltak képesek testüket a kiszáradás ellen megfelelően védeni. Emellett természetesen jelentkezik a fiatal nemzedék felnevelésének vízhez kötöttsége is. Igen, a ma élő kétéltűek csupasz bőre képtelen száraz levegőben védeni a testet a kiszáradástól, ezért az állat kénytelen egész életét megfelelő páratartalmú levegőn vagy éppenséggel vízben tölteni.

Mármost képzeljük el: ha 400 millió év nem tudta a csupaszbőrű kétéltűek testét a kiszáradás elleni védelemre átalakítani, akkor vajon elképzelhető-e, hogy éppen ilyen csupaszbőrűek, a levegő nedvessége tekintetében ennyire kényes állatok hódították volna meg a szárazföldet? Aligha!

Ezzel szemben a test pikkelypáncélzata önként kínálkozik erre a védő szerepre. Természetesen ne a hétköznapi életből ismert halak tetőzsindely-szerűen egymásra boruló pikkelyeire gondoljunk, hanem a föld ókorának állatait fedő, csontpajzsokból álló, teljes peremükkel egymáshoz kapcsolódó páncélzatára.

Azt, hogy ez az érv mennyire helytálló, legjobban a mindennapi életben hüllőknek nevezett krokodilusok-gyíkok-kígyók és egykor végtelen változatosságban élt rokonaik igazolják.

Emlékezzünk arra, hogy a kétéltűeket — még ha a kiszáradás ellen tudtak volna is védekezni —, a vizek közelében tartotta szaporodásuk és az ivadék felnevelésének gondja. Nos, a hüllők voltak az első négylábúak, melyeknek szaporodási formája megváltozott, és rögtön alkalmasakká váltak a száraz, sőt bizonyos tekintetben a sivatagos területek meghódítására is!

Nagy ugrás ez a szárazföld meghódítása terén.

Mi tette őket erre alkalmassá? Nem kételkedhetünk abban, hogy testnedvük tökéletesebb védelme. Hiszen a szárazföldre kimászó és ott eredményesen megmaradó első ősgerincesek valóban pikkelypáncélos alakok voltak, ami egyben arra a később lényegessé váló kérdésre is előre megadja a választ, hogy a szárazföld víztelen vidékeihez alkalmazkodó hüllők nem külön erre a célra „cserezték ki" a bőrüket, hanem ez az adottságuk tette őket erre az életmódra alkalmassá.

Mindezeket csak azért mondottuk el, hogy világossá váljék a legősibb kétéltűek pikkelypáncélzatának fejlődéstörténetük korábbi szakaszából öröklött jellege, vagyis az, hogy nem valami gyökeresen új tulajdonságként alakult ez ki rajtuk, amikor járó végtagú, tüdőlégzésre is alkalmas, de még mindig vízlakó fejlődési fokozatukat már elérték. Itt ismét csak azzal a már hangoztatott esettel találkozunk, hogy a

szóban forgó sajátságot nem a szükség hozza létre, amelyhez alkalmazkodna, hanem csak az új helyzet révén előállott szükségben úgyszólván „kapóra jön". Így jött kapóra a legősibb négylábúak kibontakozásában is a korábbról „készen" hozott pikkelypáncél a szárazföld meghódításában!

Még számos olyan anatómiai adottságról számolhatnánk be, amelyek kivétel nélkül lényegesen elősegítették a kétéltűek elődeinek a szárazföldi életre való — többé-kevésbé zökkenésmentes — áttérést. Mégsem tesszük, mert a felsorolt példák is kellően szemléltetik a kérdés elvi körvonalait. Egy anatómiai átalakulásról azonban célszerű még megemlékeznünk. Ez jellegénél fogva alkalmas arra, hogy a természetben végbemenő változások okainak és lefolyásának túlzott általánosításától mindenkor óvakodjunk.

Ez az átalakulás ugyanis nem eredetileg már meglevő könnyítője volt a szárazföldi életre való áttérésnek, hanem ellenkezőleg: annak folyományaként jött létre, bár utána komoly előnyt biztosított az állatnak új környezetében.

Ez az új berendezkedés a vízben élő kopoltyús alakoknak szárazföldi, levegőből légző alakokká történt fejlődése folyamán szerepüket vesztett kopoltyúívek átalakulása, illetve visszafejlődése révén keletkezett. Ugyanis ahogy a kétéltűnek a vízi lárva-időszak végével kopoltyúi visszafejlődnek, az állkapocs mögött elhelyezkedő első kopoltyúív (amelynek alsó szakasza nyelvcsonti ív formájában marad meg) felső szakaszában is fennmarad.

Ez a *hyomandibulare* néven ismert kis vázelem a kétéltűekkel kezdődőleg az összes négylábú gerinces állatban megtalálható. A cápákon — visszafejlődött állapotban — az ősi első kopoltyú nyílásának, a *spiraculum*nak vagy fecskendőnyílásnak a nyoma máig is megmaradt. Amikor a levegőrezgés mozgásba hozza a spiraculum nyílását fedő hártyát, — a mozgást a hártyát érintő hyomandibulare továbbítja a tövében elhelyezkedő hallóidegekhez. A kopoltyúív felső eleméből pedig a spiraculumot bezáró hártya mint dobhártya közbejöttével kialakul a négylábúak hallószervének talán legfontosabb eleme, a külvilág mechanikus ingereit a hallóidegekre továbbító ún. kengyel-csontocska.

A kengyel kialakulása mint a négylábúak hallószervének része, kétségtelenül csak a szárazföldivé válás folytán jött létre. *Ez az átalakulás a legjobb példája annak, hogy a természetben állandóan és folyamatosan végbemenő változások nem azért viszik előre a szervezetet a „célszerűsödés", a „tökéletesedés" útján, mert a fejlődésben célszerűségek uralkodnak. Ellenkezőleg: ha egy új tulajdonság a szervezet funkcióiban hasznos, illetve ha nem is hasznos, de beleilleszkedik az életműködések láncába, akkor a szervezet bekapcsolja átrendeződési, átalakulási menetébe, és így viszi tovább.* Azt hogy egy ilyen „lehetőséget" a szervezet felhasznál-e vagy sem, annyi kibogozhatatlanul bonyolult tényező statisztikus egybeesése vagy egymás ellenes hatása határozza meg, hogy a valószínű folyamat tisztázására csak ritka esetben (és akkor is csupán nagy vonásokban) vállalkozhat a kutató.

Az elmondottak körülbelül elég világos képet adnak arról, hogy mik voltak azok a tulajdonságok, amelyek a vízi életet élő ős-négylábú számára lehetővé tették a szárazföldi élet felé a döntő lépés megtételét. De nem zárhatjuk le ezt a fejezetet anélkül, hogy ki ne térnénk arra, a — szakkörökben is általánosan és vita nélkül elfogadott — feltételezésre, amely bizonyos tekintetben teljesen téves megvilágításba helyezi a gerincesek szárazföldi életre való áttérését is.

E szerint a felfogás szerint ugyanis a *szárazföldi állati élet* csak a *szárazföldi növények* megjelenése *után* vált lehetségessé. Ezt két érvvel támasztják alá. Az egyik az, hogy a növények asszimilációja révén került csak annyi oxigén a levegőbe, hogy a szárazföldi állatok levegőlégzése lehetővé váljon. A másik érv pedig az, hogy az

állatvilág azért csak a növényvilág után léphetett ki a szárazföldre, mert hiszen a növények megjelenése előtt az állatok legfeljebb egymást ehették volna (növényi táplálék hiányában). Ennek következtében egy-kettőre önmagát pusztította volna ki a szárazföldre kirándult állatvilág. Nos, lássuk csak, mi szól e megdönthetetlennek hitt érvek ellen.

A növényvilág oxigéntermelő szerepét senki sem vitatja. Hiba volna azonban ebben látni a szárazföldi állatvilág kialakulásának feltételét. Ne felejtsük el, hogy egyrészt a növény- és állatvilág nagyjából egy időben települt meg a szárazföldön. Másrészt az addigi asszimiláló növényzet a vízbe „lélegezte" a felszabadított oxigént, és nem a levegőbe. Végül a kezdetben még csenevész szárazföldi növényzet igen hosszú ideig csak a keskeny parti sávokra korlátozódott, s így oxigéntermelése elenyésző volt. Mindezek mellett gondoljuk még meg, hogy azok a víztömegek, amelyeknek szabad oxigéntartalma a hullámverés vagy más mozgás révén nem pótlódik, — az eredetileg benne élt oxigéntermelő növényzet ellenére ma is „holt" vizekké válnak. Mennyivel inkább érvényes ez az őstengerek korában, amikor — a korábbi vélemények szerint — a levegőnek nem volt számottevő szabad oxigéntartalma. Tehát ha végiggondoljuk a tényeket és a lehetőségeket, akkor hamar beláthatjuk, hogy az állatok szárazföldi elterjedésének nem volt előfeltétele a szárazföldi növényvilág, és általában a növényi oxigéntermelés.

Az előbbiekhez hasonlóan mindmáig egyöntetű álláspont a kutatók körében, hogy az állatvilágot a szárazföldi élet kezdetén a növényvilág azért is előzte meg szükségszerűen, mert az állatvilág szerves táplálék nélkül nem tudván magát fenntartani, feltétlenül rászorult a növényi táplálékra.

Ez a feltevés azonban alapvetően téves, mégpedig egyszerre két szempontból is. Először azért, mert a növényvilág az állatvilágot a szárazföldön a valóságban nem is előzte meg; másodszor azért, mert a szárazföldi életre áttért állatvilág — mégpedig annak valamennyi törzse — a szárazföld birtokbavétele után még vagy százmillió évig nem nyúlt hozzá a szárazföldi növénytáplálékhoz!

Igen ám, de mivel táplálkozott az állatvilág százmillió évig a szárazföldön?

A válasz megdöbbentően egyszerű: amennyiben nem állati táplálékkal, tehát ha nem ragadozó volt, akkor minden esetben a vízből.

Hogyan?

Többféle módon. Az első mód az volt, hogy gyakorlatilag megmaradt vízi állatnak, mint a mai kétéltűek tekintélyes része. A másik mód: a táplálékszerzés idejére visszatért az állat a vízbe. A harmadik módot gyakorlatilag valamennyi ma élő kétéltűnél tapasztalhatjuk: az állat legtáplálékigényesebb növekedési időszakát, *lárvakorát* a vízben tölti mint kopoltyús vízi állat. Külön érdekessége ennek az időszaknak, hogy a lárvák nemcsak hogy vízi életet élnek, hanem jórészt korhadó növényi anyagokkal is táplálkoznak! Viszont felnőtt korban, a szárazföldön mind ragadozók! A negyedik módszert, az előbbinek tulajdonképpen csak egy változatát a rovarok nagy tömegeinél tapasztaljuk: az állat egész lárvaéletét a vízben éli le mint ragadozó vagy korhadék-evő, amikor pedig kifejlődve a szárazra megy, már nem eszik többé! Sőt, egy tekintélyes részüknek felnőtt korban már szájszervei sincsenek (afág rovarok).

A szárazföldi életmódra áttért állatok tisztán ragadozó táplálkozású alakjai mellett jelentkező vízből való táplálkozás annyira kifejlődött a földtörténet korai időszakaiban, hogy később nemhogy visszafejlődött volna a bőséges növényi táplálék hatására, hanem még tovább is alakult és tökéletesedett.

Mindezek azt bizonyítják, hogy az állatok — jelen esetben a négylábúak — szárazföldi életmódjának a kialakulásában a növényzet szárazföldi elterjedésének gya-

korlatilag semmi néven nevezendő szerepe nem volt, tehát az állatvilág megjelenése a szárazföldön nem volt a növényzet megjelenéséhez mint előfeltételhez kötve.

És miközben mindazokat az érveket felsoroltuk, amelyek a legősibb négylábúak számára a szárazföld meghódítását lehetővé tették, illetve megkönnyítették, tudatosan nem érintettünk néhány olyan szempontot, amelyek megakadályozták az állatvilág e nagy csoportját abban, hogy a szárazföldet valóban meghódítsa. Ezekről az okokról mondunk el most egyet-mást.

A szárazföld meghódításának legfontosabb akadálya a kétéltűek nemi életében gyökerezik — a legősibbtől a mai alakokig. Ez a kérdés bővebb magyarázatot kíván, amit részletesen megadhatunk a ma élő kétéltűek életmódjának ismerete alapján.

Figyeljük meg tavasszal a békák ívását. Azt látjuk, hogy minden rendű és rangú béka, legyenek azok a vizek-vízpartok kuruttyoló kecskebékái vagy a háztájék száraz környezetének kövei alatti nyirkosabb-hűvösebb levegő páratartalmával is kiegyező varangyos békái, sőt a fák koronájában hangoskodó levelibékák is — valamennyien ott ugrálnak, bukdácsolnak, úszkálnak a napsütötte, növényzettel benőtt sekély vizekben. Miért?

Egyszerűen azért, mert a békák és velük együtt valamennyi kétéltű petéi külső úton termékenyülnek meg. Ez azt jelenti, hogy — akárcsak a halak legnagyobb része — a kétéltűek általában egyszerűen a vízbe eresztik nagyszámú petéiket („ikrájukat"), hogy a hímek az ikra fölé, a vízbe eresztve ki spermájukat, ez úton termékenyítsék meg a petéket. Ahol más megtermékenyítési módokkal találkozunk (pl. gőték), ott is gyakorlatilag ennek a külső, testen kívüli megtermékenyítésnek a változatai alakultak ki.

Ennek az anyaállat testén kívül bekövetkező megtermékenyítésnek az oka a kétéltűeknél a sperma átvitelét elősegítő szerv hiánya. Ezt a tényt számos példán láthatjuk: a cápaformáknál, és nem egy hal esetében is, ahol megfelelő berendezés kialakulása elősegítette a sperma bevezetését a nőstény testébe. Így lehetővé vált a peték megtermékenyítése testen belül, ami a hüllők, madarak embrióinak nyugodt kifejlődését védett helyen, héjon belül teszi lehetővé, illetve számos cápaféle, főleg azonban az emlősök utódainak az anya testében, teljes védelemben való kifejlődését.

A hím kétéltűek hiányzó külső nemi szerveinek döntő élettani jelentősége elsősorban nem a fiatal nemzedék kifejlődésének kezdetleges védelmében, hanem sokkal inkább abban a tényben rejlik, hogy ezek az alakok szaporodásukban teljesen a vízhez vannak kötve. Ha elszakadnak a víztől — kipusztulnak, még akkor is, ha különben elég párás volna a levegő ahhoz, hogy az állati test ne száradjon ki.

A kétéltűek nem egy csoportjában találunk számos olyan kísérletet, amellyel a vízhez kötöttségből igyekszik az állat szabadulni. Valamennyi kísérlet csak odáig jutott el, hogy a vízbe lerakott és a vízben megtermékenyített petékből kikelő lárváknak a víz kiszáradása esetén is biztosítsa fennmaradását. A peték vízbe rakásának és megtermékenyítésének kényszeréből azonban egyetlen kétéltű sem talált kivezető utat.

A vízbe lerakott és ott megtermékenyülő petékből kikelő kétéltű-fiasítás — ritka specializációs eredményektől eltekintve — élete első szakaszát a vízben, ősei kopoltyúit megtartva tölti el. A mai kétéltű-lárva és a kopoltyús ősök között ebben a tekintetben mutatkozó fő eltérés a későbbi kétéltűek lárváinak külső kopoltyúiban mutatkozik. Ezek a kopoltyúk egyszerű túlnövések a kopoltyúrésen át, amit a nagyobb oxigénfelvevő felület nyerésének szükségessége indokol a gyors növésű, fokozott anyagcseréjű fiatal állat számára. Ahogy a lárva elérkezik az átalakulás időszakába, fokozatosan fejlődnek ki járó végtagjai, és csökevényesedik el a farka (békákénál), mígnem a felnőtt állat végleges külsejét veszi fel. Számos további test-

táj és szerv átalakulása mellett ugyanekkor fejlődik vissza a lárva kopoltyúberendezése is, miután már előzőleg teljesen visszahúzódtak a fiatal lárvakorra jellemző külső kopoltyúbojtok.

A legfejlettebb kétéltűek között nemegy akad, amelynek megtermékenyített petéiből — az ivadékgondozás számos egyéb berendezése mellett — már nem bújik ki a kis kopoltyús lárva, hanem a nagy szikzacskóval rendelkező petében fejlődik ki az utód. Itt tehát a vízben szabadon élő lárva fokán már túljutott az állat, a vízhez való kötöttségtől azonban változatlanul nem tudott szabadulni, miután a hím külső ivarszervei híján nem képes a belső megtermékenyítésre.

A kétéltűek fejlődéstörténetének ez a zsákutcája mindmáig megakadályozta, hogy a víztől teljesen függetlenedjenek, és a szárazföld víztelen — vagy legalábbis a peterakás idején állandó vízterületeket nem tartalmazó — vidékeire is kiterjedjenek. Ez a kötöttség volt az oka annak is, hogy a párás-nedves vagy állandó vízállásos vidékek kivételével mindenütt a vízhez nem kötött, külső ivarszervekkel rendelkező hüllőknek kellett a terepet átengedniük, nem is beszélve azokról a területekről, amelyeket ezek is kénytelenek voltak — és ma is kénytelenek — a fejlődés és szervezeti sokoldalúság sokkal magasabb fokára jutott madaraknak és emlősöknek átengedni.

A kétéltűek különleges helyet foglalnak el a gerincesek, főleg a négylábúak közt. Egyes igen ősi gerincesek — a páncéloshalak, a cápa alakúak, de a valódi halak is — a fejlődésnek jól elhatárolt, minden más csoport fejlődési vonalán kívül álló irányát képviselik. A kétéltűek talán az egyetlen gerincesosztály, amelyről elmondhatjuk, hogy egy szinte jelentéktelen berendezés kivételével minden adottságuk megvolt és ma is megvolna arra, hogy — távoli rokonaikhoz hasonlóan — alkalmazkodjanak a szárazföld legváltozatosabb viszonyaihoz. Mégis, ez az egy hiányosságuk elég volt arra, hogy végérvényesen holtvágányra jussanak. És bármily hasznos és eredményes alkalmazkodási móddal sikerült is olyan képességek birtokába jutniuk, amilyenek nemegy sokkal magasabb fejettségi fokra eljutott hüllőnek, vagy még magasabbrendű gerincesnek sem jutottak osztályrészül — mindezek csak pótmegoldások voltak. A fejlődés nagy vonalából végleg kiestek. A természetben pedig nincs visszakozás; holtvágányról nincs visszaút!

Kevés állatcsoport elhatárolása oly nehéz a rokon csoportoktól, mint a kétéltűeké. Ennek igen egyszerű magyarázatát adják most részletezett sajátságaik. Ahhoz azonban, hogy ezt jól lássuk, előbb más oldalról kell a kérdést megvilágítani.

Amikor a tudomány még csak a ma élő hüllőket és kétéltűeket ismerte, rendszertani elkülönítésük igen könnyű feladat volt. Ahogy azonban évről évre nőtt a megismert ősi hüllők és kétéltűek tömege, formaváltozatossága, úgy mosódott el mind jobban a természetesnek és tökéletesnek hitt rendszertani elhatárolás, és úgy folyt össze a két csoport egymásba.

Ma már ott tartunk, hogy az alacsonyabbrendű négylábúak legjobb ismerői teljesen elvetik a két „állatosztály" különállóságának álláspontját, és új szempontok, felismerések alapján, a gerincesek fejlődéstörténeti okszerűségére s a vérrokonság alaktani tényeire épített új rendszerében a halak-kétéltűek-hüllők-madarak-emlősök ötös tagolása helyébe állított új kategóriákban már csak a madarak és emlősök szerepelnek némileg önálló rokonsági-rendszertani egységként, míg a többi osztályt mint a természetes rokonsági kapcsolatokat semmiképpen sem visszatükröző — felbontották, képviselőiket pedig egészen más csoportosításban kapcsolták össze.

Ebben a tekintetben talán elég lesz a legújabb és legkorszerűbb idevágó összefoglalásra, a kétéltűek-hüllők őslénytana legkiemelkedőbb élő képviselőjének, F. *Huené*nek „Paläontologie und Phylogenie der Niederen Tetrapoden" című vaskos kötetére hivatkoznom.

Huene rendszere teljesen szakít a hagyományos, *Linné* 1758-ból való rendszerére alapított és a XIX. század első felében kialakított klasszikus rendszerrel, illetve az ezt korszerűsíteni akaró, mentő kísérletekkel. A kérdés jobb megértése céljából most lássuk ezeket a rendszereket.

Linné említett rendszere (amellett hogy a középkor skolasztikus hagyományaiból sarjadt kezdetleges felfogásokkal szakítva, kora ismereteihez mérten bámulatosan korszerű áttekintést adott az élővilág összefüggéseiről) még a külsőségekből indult ki. Így történt, hogy rendszerében a gerinceseket csak négy osztályra tagolta. Ezek:

halak *(Pisces)*
kétéltűek *(Amphibia)*
Madarak *(Aves)*
emlősök *(Mammalia)*.

Ezen a rendszeren csak a klasszikus anatómiai felfedezések évtizedei változtattak a múlt század elején annyit, hogy *Linné* rendszerének *Amphibia* osztályát kétfelé vágták, megkülönböztetve a

kétéltűek *(Amphibia)* és
hüllők *(Reptilia)*

osztályait. Ez a most már bonctani alapon öt jól elhatárolt és a mai gerincesek ismerete alapján természetesnek is látszó rendszer több mint egy évszázadig megingathatatlan elvként állt. Senki nem is gondolt a megbontására. Az egyetlen említésre méltó; szintén az anatómia eredményeiből kisarjadt további tagolási kísérlet embriológiai alapon két fő csoportra, altörzsre kívánta csoportosítani a gerinces osztályokat. Ezek:

Anamnia (a *Pisces* és *Amphibia* osztályokkal) és
Amniota (mely a többi gerinces osztályt foglalta magába).

Emellett még megemlíthetjük, Ernst *Haeckel*nek a fejlődéstörténeti világszemlélet híres apostolának azt a megállapítását, hogy a hüllők és madarak fejlődéstörténetileg sokkal közelebb állnak egymáshoz, mint bármely más gerinces osztályhoz. Ezért a két osztályt *Sauropsida* néven kívánta közös, magasabb rendszertani egységbe foglalni.

Ugyanígy megemlíthető az a kísérlet is, amely a vérkeringés szerveinek fejlettségi foka, s az ennek alapján *állandó* vagy csak a külső hőmérséklettől befolyásolt *változó testhőmérséklet*et biztosító anyagcsere-intenzitás foka alapján hideg- és melegvérű gerinceseket különböztetett meg. Előbbibe a halak, kétéltűek és hüllők, utóbbiba a madarak és emlősök osztályát sorolták.

Végül ennek az évszázadnak a húszas-harmincas évei hozták meg a már megmerevedéssel fenyegető és a hatalmasan megnövekedett őslénytani adat-anyag nyomása alapján általánosan mesterségesnek elismert „klasszikus" rendszer ellen az első támadásokat, amelyek legújabban a régi rendszer teljes elvetésére kezdenek vezetni.

Megint csak az összképet zavaró túlságos részletekbe kellene belemennünk, ha ennek a forradalomnak a történetét akarnánk megismerni. Erre nincs is szükségünk; elég, ha a reformok és végül a teljesen új rendszer-tervezetek létrejöttének fő okaira rámutatunk. Ez annál is könnyebb, mert egy részüket már a halak és kétéltűek ismertetése kapcsán amúgy is tárgyaltuk.

Láttuk, hogy a „halak" néven összefoglalt, igen eltérő szervezettségű rendszertani csoportok közül először a csőszívűeket *(Acrania)* kellett a *Craniota* (vagy *Vertebrata*) néven összefoglalt összes többi gerincessel (illetve valódi gerincessel) szembehelyezni.

A „halak" gyűjtőfogalom másik, az összes többi gerincessel (tehát a „halak" még fennmaradó csoportjaival is) szemben álló rendszertani kategóriáját mint állka-

pocsnélkülieket *(Agnathi)* választjuk el az összes egyéb gerinces-csoporttól *(Gnathostomata)*.

Az utóbbiakat rokonsági kapcsolataik szerint ismét négy csoportra kell felbontani. Az elsőbe a legősibb állkapcsos gerinceseknek a Föld ókorában élt és kivétel nélkül zsákutcaszerűen, vakon végződött fejlődési vonalat képviselő csoportjait helyezzük, vagyis az ún. „páncéloshalakat". A második, sokkal egységesebb csoportban a cápák-ráják és kimérák, valamint törzsfejlődésük gyorsan kihalt oldalágai foglalnak helyet. A harmadikba a „valódi" végtagos tüdőshalak és bojtosúszósok, valamint a négylábúak valamennyi ága, tehát a *Choanaták* tartoznak. Végül a negyedik csoportot az álvégtagos valódi halak *(Pisces)* képviselik.

Ha most ezek közül a *Choanatákat* vesszük szemügyre, azt kell megállapítanunk, hogy — szemben a tüdőshalakkal és bojtosúszósokkal — két, csigolya-felépítésében alapvetően eltérő, terjedelmében igen egyenlőtlen csoportot foglalnak magukba. Az egyikbe a viszonylag kevés alakot számláló, csigolyáit a chordaburokból létrehozó gőték-szalamandrák csoportja *(Urodelidia)*, míg a másikba a négylábúak túlnyomó többsége *(Eutetrapoda)* tartozik.

A valódi négylábúak roppant változatos körét ugyancsak anatómiai alapon két egyenlőtlen tagra kellene osztanunk. A koponya tartórészének kétféle fejlődési iránya alapján az elsőbe a *Stegocephalusok* és békák fejlődési csoportjai *(Batrachomorpha)*, a másodikba az összes többi négylábú kerülne. A kategóriák túlzott tagolásának elkerülése érdekében azonban az ide sorolható csoportokat három egyenrangú csoportra bontjuk: az elsőbe *(Reptiliomorpha)* a *Batrachomorpha* ágba nem sorolt összes ősi szabású, vagyis nem áttört koponyatetejű alakokat soroljuk, mint az ún. *Cotylosaurusokat* és a teknősöket; a másodikba az emlősökhöz vezető *Pelycosaurusokat*, *Therapsidákat*, emlősöket és néhány kisebb, rokon ágat *(Theromorphoidea)*; a harmadikba pedig a gerincesek még beosztatlan csoportjait, a sárkánygyíkok *(Dinosaurusok)*, pikkelyesek, azaz gyíkok-kígyók, krokodilusok, madarak és repülősárkányok *(Pterosauria)* fejlődési ágait, valamint néhány kisebb rokon ágat.

Ami ebben a beosztásban a legfeltűnőbb: a kétéltűek klasszikus csoportja után a hüllőké is alkotó ágaira szakad, miközben ezek egyike az emlősök, másika pedig a madarak rendszertani kategóriájába torkollik, miáltal ezek is egészen más vonatkozásban és rangszinten kapcsolódnak az előbbiekhez. Ezt a cseppet sem szemléletes kapcsolat-láncot a továbbiakban még részletesebben tárgyaljuk. Annyit azonban már itt is leszögezhetünk, hogy mint mindenütt az élettudományok rendszerében, ebben az esetben is a morfológiai hasonlóságok külsőségei helyett (amelyek legtöbbször jól áttekinthető, bár mesterséges kategorizálást adnak) a belső összefüggések természetes (csak talán nem szemléletes) csoportosítása lép előtérbe.

Az áruló csigolya

A fejlődéstörténeti kutatómunka menetét figyelve azt látjuk, hogy a legtöbb esetben kétlépcsős utat fut be, míg egy kérdést a kor színvonalán és megnyugtatóan meg tud oldani. Először a rendszertan alaktani módszereivel igyekszik az egyes szervek hasonlósága vagy különbsége alapján rokonsági csoportokat összeállítani, s az egy-egy rokonsági csoportba sorolt, a földtörténet során különböző időben élt alakokat kísérli meg leszármazási sorokba, láncokba kapcsolni.

A második lépcsőben viszont a hasonlóságok kiemelésével szerkesztett fejlődési sorok, láncok ellenőrzését hajtja végre a kutató. Bizony igen sok esetben az az ered-

mény, hogy a korábbi kutatás indokolatlanul, felületesen, elhamarkodottan alkotta meg „fejlődési" sorait. Mi ennek az oka, illetve mi ad jogot a kritikusnak az elmarasztaló ítéletre elődeivel szemben?

A magyarázat igen egyszerű. Az ellenkezőjét teszi annak, amit elődc tett. *Nem a hasonlóságokat keresi, hanem ellenkezőleg: a különbségeket.* Ha pedig ezek a különbségek olyan természetűek, hogy a rokonságot, sőt éppenséggel az egymástól való leszármaztatást kizárják, akkor a vélt rokonsági vonal is hamis, tévesnek bizonyul.

Egy ilyen esetet ismertetünk a következőkben.

Úgyszólván a tudományos rendszerezés kezdete, tehát a XVIII. század közepe óta elfogadott vélemény a rendszertanban a kétéltűek néven egybefoglalt gerincesek, a farkatlan kétéltűek, tehát békák, és farkos kétéltűek tehát szalamandrák-gőték szoros rendszertani-származási kapcsolata. Ez a rendíthetetlen hit elsősorban a két állatcsoport egyaránt kopoltyúkat viselő, vízi lárvákkal való átalakulásos fejlődése, sima csupasz bőre, nagyjából azonos szerveződési foka (vérkeringés, kiválasztás, idegrendszer stb.) alapján alakult ki és állandósult.

De hiába volt a hasonlóságok egész serege, a lényeges fejlődési jellegek azonos kibontakozása, — az anatómusok mégis olyan megfigyelést tettek, amelyet az utóbbi évek kutatómunkája végül is a két kétéltű-csoport rokonságát kizáró adatként értékelt. Kiderült, hogy az ún. farkos kétéltűek csigolyái egészen másként alakultak ki, mint nemcsak a többi kétéltűé, hanem az összes egyéb négylábú gerinceseké, tehát a hüllők, madarak és emlősök valamennyi csoportjáé is.

Míg ugyanis a négylábúak túlnyomó többségének a csigolyái úgy alakulnak ki, hogy az eredetileg a gerinchúrt és a gerincideget védő lemezkék hosszabb fejlődés eredményeképpen, bár az egyes csoportokban más-más sorrendben és mértékig egységes csigolyává forranak össze, addig a farkos kétéltűek gerinchúrjának külső hártyája mész beépülésével csontos gyűrűvé alakul át, és ehhez a gyűrűhöz forr hozzá a gerincvelőt védő felső ív.

Ez pedig azt jelenti, hogy a farkos kétéltűek csigolyáinak a kialakulása illetve elcsontosodása a fejlődés olyan útján indult el, amely minden más úttal, tehát a többi négylábúhoz vezető fejlődéssel is ellentétben áll. Vagyis a farkos kétéltűek (nevezzük őket az egyszerűség kedvéért gőteformáknak) a többi „kétéltűvel" való sok hasonlóság ellenére sem közös eredetűek, hanem ezektől függetlenül alakultak ki, közös tulajdonságaik pedig az azonos külső körülmények hatására azonos módon bekövetkezett szervezeti reakció eredményei.

És itt nem hallgathatunk el egy igen tanulságos esetet. A gőtefajták lárvájának fejlődésében a mellső lábak fejlődnek ki először, csak jóval később a hátsók. Ezzel szemben a békalárvákon jóval a hátsó lábak kibontakozása után jelennek meg a mellső végtagok. Mindaddig, amíg a csigolyák merőben ellentétes gyökérből kiindult fejlődése ki nem derült, nem figyeltünk erre az adatra. Ma már csodálkozunk, hogy ez az intő példa eddig senkinek sem tűnt fel.

Természetesen azzal, hogy a gőteformákat a valódi kétéltűektől leválasztottuk és ezektől független eredetüket felismertük, még nem tisztáztuk, hogy akkor tulajdonképpen honnan is származnak ezek a „kétéltűek". Mert csigolya-szerkezetüknek a cápákéhoz hasonló alapelve természetesen semmi jogot sem ad arra, hogy bármilyen kapcsolatot tételezzünk fel a két gerinces osztály közt. De ilyen rokonságra nem is gondolhatunk, hiszen a cápák sok olyan szervet nélkülöznek, amelyek nélkül nem lehettek kiinduló pontjai annak a fejlődésnek, amely a gőtefélékhez vezetett. Így pl. gondoljunk csak arra, hogy ebben az osztályban nem fejlődött úszóhólyag, tehát nem volt meg az alap arra, hogy a későbbi fejlődés során tüdőt alakítson ki, mint azt más helyütt láttuk a többi négylábú, illetve a tüdőshalak kialakulásának ismertetésénél.

Ha tovább kutatunk a halszerű ősgerincesek között, akkor a koponya fedőcsontjainak száma, megoszlása, elhelyezkedése, valamint a végtagfejlődés útja kényszerítően a bojtosúszósokhoz vezet el bennünket. Azoknak is egy oly korai fejlődési fokához, ahol a csigolyák kialakulása úgyszólván még nem indult el, hanem szinte csak az egységes gerinchúr van meg. A legújabb vizsgálatok ezeket az ősöket valahol a bojtosúszósok *Porolepiformes* rendjében, illetve ennek közelében keresik, szemben a közeli rokon *Osteolepiformes* renddel, amelyben viszont az összes többi négylábú közös ősét vélik felfedezni. Mindezek a megállapítások azonban csak ideiglenes jellegűek, annál is inkább, mert pl. a *Porolepiformes*-alakok gerincalkotását egyelőre nem is ismerjük, miután mindmáig csak koponya-maradványaik kerültek elő. Sőt, ezek is a karbon-perm időszakokból, tehát egy igen kezdetleges ős felfedezése szempontjából túl késői időpontból valók.

Ezek az ősi gőteformák, melyeket a specialisták különböző neveken *(Pseudocentrophori, Lepospondyli, Nectridia* stb.*)* foglalnak össze, hosszú, gyíkszerű testű, gyenge végtagú „kétéltűek" voltak, (sőt a végtagok egyes csoportokban hiányozhatnak is); hosszú farkuk, fedőcsontokkal burkolt zárt koponyájuk volt. A csontpikkelyekkel fedett testű, gyenge testalkatú állatok kétségkívül egész életükben a lápok, állandó állóvizek sekély vizében a vízfenéken élő, s a felszínre csak a víz oxigénhiányának pótlására felúszó, de valójában szárazföldi életet nem élő alakok voltak. Erre utal legtöbbjük lelőhelye is. Legszebb maradványaikat ugyanis a kőszén-mocsarak palává préselt iszapjában találták Csehországban és másutt.

A tulajdonképpeni góteformák *(Urodela)*, amelyek az útmeneti árkok, jól átmelegített állóvizek növényzete közt úszkáló gőték *(Triturus)*, s erdeink nyirkos sűrűjében tavasszal és ősszel az avar közt mászkáló szalamandrák révén számtalanszor szemünk elé kerülnek, — egy bizonytalan krétaidőszaki alaktól eltekintve csak a földtörténet újkorából ismeretesek és gyakoriak az eocéntől napjainkig.

Két alrendjüket különbözteti meg a rendszertan. Az egyiket a homokóraszerű, tehát elől-hátul chordamaradvány számára bemélyült csigolyák és az élethossziglan vízi életmód jellemzi *(Ichthyoidea, Megalobatrachoidea)*, míg a másikat az átalakulás után többé-kevésbé szárazföldi életmódra való áttérés teszi ismertté; ide a csak hátul kivájt csigolyájú gőték és szalamandrák, valamint számos rokonuk tartozik. Egyesek életfogytiglan hordják külső kopoltyúikat is *(Proteoidea)*, egy másik csoportjuk pedig csak mellső lábakkal rendelkezik *(Meantes)*.

Talán mint érdekességet megemlíthetjük, hogy a legnagyobb gőteforma állatok, a ma csupán Dél-Japánban és Kelet-Kína hegyvidéki patakjaiban élő, másfél métert is megközelítő, hatalmas óriásszalamandráknak *(Megalobatrachus maximus)* egy közeli rokona valaha Európában is élt *(Andrias)* nemzetség. Ezt a felső miocénből, Öningenből származó híres leletet pedig éppen az avatja tudománytörténeti hírességgé, hogy a példányt a XVIII. században *Scheuchzer* professzor „Homo diluvii tristis testis" néven írta le, ami azt jelenti, hogy „a vízözön szomorú embertanúja". Azóta jó néhány további európai lelet került napfényre az oligocéntől a pliocénig, sőt legutóbb a Villányi hegységben fekvő Csarnóta egy sziklahasadékában feltárt pliocénvégi állattársaság maradványai közt is sikerült egy velük közeli rokonságban álló, hatalmas faj néhány csigolyájára bukkannunk.

A gőteformák harmadik csoportjába lábatlan, külsőleg inkább valami óriásgilisztára mint gerincesre emlékeztető, föld alatt élő, vak alakok, a trópusok *Gymnophiona* (vagy *Coecilia*) néven ismert „kétéltűi" tartoznak. Koponyaalkatuk, életmódjuk lényegesen eltér a valódi gőteformákétól, így biztosra vehetjük, hogy ezektől teljesen független eredetűek. De hogy merre mutatnak e csoport rokonsági kapcsolatai, az egyelőre aligha dönthető el, annál is inkább, mert még egyáltalában nem sikerült

nyomára bukkanni kihalt képviselőinek. Egyetlen nyomravezető adatnak látszik a *Gymnophionák* bőrében elszórt mészrögöcskék jelenléte, amelyek hajdani csontpikkely-páncél maradványai. Ez a hajdani páncélzat arra utal, hogy az állatok valamely rég kihalt páncélos-ősgőtével hozhatók közelebbi rokonságba. Azt azonban, hogy ez melyik ág volt, ma még hozzávetőleg sem tudjuk megmondani.

A gőteformák a gerincesek kialakulásának tarka történetében soha sem játszottak kiemelkedő szerepet. Karbon-perm időszaki viszonylagos virágzásuktól eltekintve — mindig többé-kevésbé mellékes állatok abban a nagy színjátékban, amelyet a természet folyton hullámzó egyensúlyának nevezünk. Talán éppen ez a statiszta-szerep, amely mentes volt a nagy csillogásoktól, óvta meg őket a nagy bukásoktól.

A szárazföld felfedezése

Ha igaz, hogy a gőteformákat csigolya-szerkezetük árulta el, s ennek alapján sikerült kimutatni, hogy a kétéltűekhez csak párhuzamos fejlődés, nem pedig rokonság és közös eredet fűzi őket, akkor még inkább igaz az, hogy a valódi kétéltűeket viszont csigolya-felépítésük alapján tudjuk — már amennyire — rendszerezni, illetve fejlődési kapcsolataikat tisztázni vagy legalábbis valószínűsíteni.

Mint már az előző fejezetben említettük, a gerincesek gerinchúrját szelvényenként, illetve szelvény-határonként egy-egy védő csontlemez takarta be, épp így a gerincagy megfelelő szelvényre eső szakaszait. Ez a 4—4 elem a további fejlődés folyamán végül is egységes csigolyává forrott össze. Az összeforrás útja azonban csoportonként más és más volt. Ez a fejlődéstörténet teszi lehetővé, hogy azonos csigolya-kialakulási csoportokat rokonsági csoportokként kezeljünk.

Öt fejlődési típust különböztetnek meg a csigolyatest fejlődése szerint.

1. A csigolya kettős testből és az elülső háti ívből épül fel (*embolomer* csigolya).

2. Az előbbi típushoz hasonló felépítésben a kettős csigolyatest első eleme fölfelé, a hátsó pedig lefelé kiékelődik, illetve utóbbi erősségben visszamarad az első elem mögött (*rhachitom*-típus).

3. Az első típus továbbfejlődése, azzal a különbséggel, hogy a csigolyatest hátsó tagja egyszerű koronggá keskenyedik el, amely a továbbiakban a csigolyaközi porc szerepét veszi át (*stereospondyl*-típus).

4. Az előbbivel szemben az elülső csigolyatest válik csigolyaközi porccá, s a hátsó adja a végleges csigolyatestet (*gastrocentrális*-típus).

5. A csigolyát szinte csak a hátsó felső ívdarab alkotja, az elülső csigolyatest-elem pedig csigolyaközti porckoronggá alakul. A többi rész maradványai beolvadnak a hátsó felső ívtagba (*notocentrális*-típus).

Az öt csigolyafejlődési típus közül gyakorlatilag az első a kiindulópont valamenynyi többi típus felé, amelyek közül a stereospondyl és a gastrocentrális a két végső fejlődési cél (ritkán a notocentrálisba fut ki a fejlődés), míg a rhachitom különböző megjelenési formái e fejlődés egyes közbenső fokait jelképezik.

Joggal érzünk bizonyos csalódást annak hallatára, hogy nagy állatosztályok sok évmilliós fejlődési „dinamikája" csak bizonyos aprólékos csigolya-elváltozásokban nyilvánul meg. A természet nagy változásai rendszerint hatalmas külső és életmódbeli átalakulások kíséretében zajlanak le, nem pedig ilyen „nem szemléletes", inkább elvi jelentőségű átalakulásokban.

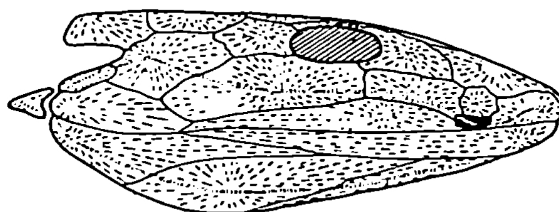
Sietünk az ez irányú kételyeket eloszlatni. A csigolyafejlődés különböző útjai nem kizárólagos és főleg nem szembetűnő mérföldkövei ennek a fejlődésnek.

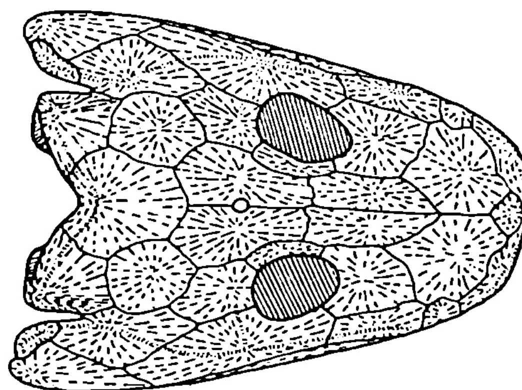
Ami pedig a négylábúak fejlődésében az egész törzs további sorsát a legmélyrehatóbban befolyásolta, az az életmód alapvető megváltozása volt.

Az előzőkben találkoztunk az életmód megváltozásának egy módjával, amely a „hal"-fokon messzemenően átformálta az állat egész szervezetét. A szabad vízben úszó alakoktól egész anatómiai felépítésükben és belső élettani adottságaik eltérő szerveződésében különböznek a sekély, időnként kiszáradó vizekben, a kis vízállás miatt inkább a vízfenéken mozgó és élő alakok.

Átalakulásuk messze a földtörténeti ókor devon időszakának elején kezdődhetett el. A devon végéről, Grönlandból tökéletes állapotban, szinte teljes rekonstrukcióban ismerünk négylábúakat *(Ichthyostega)*, minden tekintetben kialakult „kétéltű"-szervezettel, a „hal"-fejlődési fok alig néhány nyomával. Sőt — ami a továbbiakban fokozott fontosságot nyer majd — valamennyi ismert „kétéltű" közt talán ezeken látjuk a legerőteljesebben fejlett páros végtagokat (25. ábra).

A devon végéig tehát — már legalábbis azokban a csoportokban, ahol a fejlődés gyorsan ment végbe — az átalakulás a „hal"-fokból a „kétéltű"-fokig az egész hosszú utat megtette, sőt az *Ichthyostega* végtag-alkotása azt engedi gyanítanunk, hogy bizonyos vonatkozásban ezen is messze túljutott.





25. A legősibb ismert kétéltű, a felső devoni Ichthyostega *koponyája oldal- és felülnézetben*

Miből is áll ez a fejlődés? Mi előzi meg és hogyan zajlik le?

A hal, mikor a vízben lebeg, a „súlytalanság" állapotában semmiféle erőhatásnak nincs kitéve, míg csak maga nem kezd el mozogni. De abban a pillanatban, amikor ez a súlytalansági állapot valamilyen okból megszűnik (adott esetben az állat fajsúlyának növekedésével), az állat teste teljes nyugalmi állapotban is ki van téve mechanikai hatásoknak, nyomásnak, húzásnak stb. Ez a behatás kisebb, ha az állat a vízfenéken nyugszik, de erősen megnövekszik, amint a test valamilyen okból „felemelkedik" a fenék fölé. Amennyiben pedig ezt feltámasztással éri el, akkor a feltámasztó pontokon mintegy pilléreken nyugvó testnek, a feltámasztási pontok közé eső részei mint egy híd íve a pillérek közt, tetemes lefelé húzó erő hatásának van kitéve. Ez természetesen a vízben mozgó állat esetében viszonylag igen kis terhelés, de a szárazföldön mozgó állatra olyan komoly tétel, hogy ennek leküzdése az alacsonyabbrendű négylábúaknak pl. csak pillanatokra, inkább lökések idejére sikerül, s csak a legmagasabb rendű gerincesek, a madarak, emlősök képesek e feladatot izomerővel és nem kis mértékben megfelelő statikai berendezésekkel biztosítani.

Ebből következik, hogy az egyszerű korongokból álló embolomer csigolyatestek a halakban nem alkalmasak egy önhordó gerincoszlopra nehezedő teher megfelelő viselésére, ha a súlytalanság állapota megszűnik. Így megértjük, hogy a csigolyák miért alakulnak át a fejlődés igen korai szakaszában (az esetek túlnyomó többségében) rhachitom csigolyákká, ahol a ferde felületekkel úgyszólván egymásba ékelődő

csigolyatestek a végtagok mint feltámasztó pillérek közti ívet sokkal szilárdabban tudják tartani. Ez a felépítés csak akkor alakul át a fejlődés befejezését jelentő stereospondyl vagy ezzel egyenértékű gastrocentrális csigolyává, amikor a felső ívek egymásba kapaszkodása ezt a szerepet jobban látja el — ti. a törzs mozgási szabadságát nem befolyásolja, viszont ugyanazt a szilárdságot nyújtja.

A más úton kialakult csigolya-felépítés kivétel nélkül olyan csoportokban tapasztalható, amelyekben a kis testtömeg miatt a statikai megterhelés viszonylag jelentéktelen. Ezért különleges berendezések nélkül is kellő szilárdságot biztosít a csont a gerincnek. Ilyen esetek a legkisebb alakokat magukba foglaló *Stegocephaláknál (Phyllospondyli)* és a békáknál *(Anura)* jelentkeznek.

Mindezt előre kell bocsátanunk, hogy megfelelően értékelhessük a rendelkezésünkre álló adatokat, és belőlük az egyes csoportok fejlődésének menetét kibogozhassuk. És most térjünk vissza oda, ahonnan ki akartunk indulni. Kíséreljük meg a vízi gerincesek szárazföldi életmódra való áttérésének rekonstrukcióját.

Eddigi tudásunk szerint az egész folyamat keretét belső kontinentális álló, illetve lassú mozgású vizek, igen lassú folyású folyók sekély medrei, árterek többé-kevésbé állandó tócsákban visszamaradt vize, folyók lefűződött kanyarulatai (morotvái) adják. Valamennyit jellemzi a víztömeg szinte teljes nyugalma, rosszul szellőzött, sőt bizonyos fokon oxigénszegény volta, valamint időszakosan bekövetkező, kisebb-nagyobb mérvű beszáradása vagy legalábbis nagymérvű párolgása.

E vizek lakóinak — részben vagy teljesen — nem kopoltyúlégzéssel kellett kielégíteniük oxigénszükségletüket. A sekélyvízi úszás helyett a fenéken mozgó helyváltoztatásra, sőt a víz kiszáradása esetében a meder elhagyására és más, vízzel telt mélyedés, tócsa, folyó stb. felkeresésére kellett berendezkedniük.

A primitív gerincesek közül erre azok az alakok alkalmasak, amelyek jól fejlett úszóhólyaggal rendelkeznek, páros végtagjaik pedig nem fejlődtek vissza. E két sajátság ugyan az összefüggések bonyolult láncolatán keresztül egymástól különben is függ, ami a továbbiakban úgyis tisztázódni fog.

Az úszóhólyag — mint tudjuk — levegőtároló szerv. Általános rendeltetése a fajsúly-szabályozás a vízben, a súlytalanság elérésére. Ott azonban, ahol a víz egészen sekély, ennek semmi szerepe sem lesz. Ott a levegőtárolásnak nem statikai, hanem oxigénfelvétel kiegészítését biztosító feladata lesz. Ez alatt az értendő, hogy az úszóhólyag belső falának véredényei a tárolt levegő oxigénjét felveszik, a „készlet" cseréje pedig nem statikai helyzetváltozáskor, hanem az oxigénhiánytól függően következik be. Ezzel a szervezet megtette az első lépést a tüdő kialakítására. A folyamat úgyszólván észrevétlenül fokozódik és építi ki a további lépcsőfokokat.

De azon a ponton, amelyiken az úszóhólyag elvesztette a magasság-szabályozó szerepét, — ezt a testnek más módon kellett pótolnia. Mechanikusan biztosítja az állat a kívánt magasságban való maradást úszással vagy a vízfenéken azzal, hogy páros végtagjaival felemeli, távoltartja testét a talajtól. Itt a páros végtagok szerepe, amely addig a kormányzást végezte, jelentősen kibővült, miközben az úszás előrehaladását a farok, sőt bizonyos mértékig az egész test kígyózó mozgása biztosította. Most már a víznél nehezebb fajsúlyú test lebegését is biztosítani kellett a vízfenék fölött, a test alátámasztásával. Az alátámasztás további, új jelentőséget nyer, amikor a sekély vízben farokmozgással előrehaladó állatot folyamatosan kellett alátámasztani, nehogy a fenék egyenetlenségeibe ütközzék. Ez különösen a mellső végtagok erősödését vonta maga után. Talán említeni sem kell, hogy minél sekélyebb a víz, annál nagyobb szerep jut az előrehaladásban is a páros végtagoknak, míg végül az előbbre jutás csak e végtagok előrelökő-feltámasztó mozgásával volt lehetséges, amikor az állat teste többé-kevésbé a vízen kívülre került.

Bármennyire érthető és logikus a folyamat ilyen lebonyolódása, mégsem ez a felmerült kérdések egyetlen megoldási formája. Így pl. a levegőn huzamosabb ideig tartózkodó halak egyike, a mangrove-mocsarakban, a vízből kiálló mangrove-gyökereken mászkáló és „rovarászó" *Anabas scandens* nevű halacska a kopoltyúfedője alatt egész labirintust visel. Ennek csatornái tárolnak annyi vizet, amennyi állandóan nedvesen tartja a kopoltyúkat és biztosítja légzőképességüket. Egy másik esetben a mi réti csíkunk — ha olyan szűkös a víz oxigéntartalma, hogy kopoltyúlégzéssel már nem biztosítható a hal oxigénszükséglete — véredényekkel behálózott végbelének felületén keresztül pótolja az oxigénhiányt, amihez végbélnyílását sűrűn emeli a felszínre. Mindezek egy-egy kísérletet jelentenek a természetben a problémakör egyik-másik részletkérdésének a megoldására. A problémákat azonban minden vonatkozásukban csak a végigvezetett lehetőségek sora tudja megoldani, és mint az eredményből láthatjuk, sikerrel.

Közben az a körülmény sem kerülte el figyelmünket, hogy sem az úszóhólyagból a tüdő kifejlődése, sem pedig a páros végtagok járólábakká való átformálódása nem jelentik szükségképpen a szárazföldi életre való áttérést. Még kevésbé előfeltételei ennek az átalakulásnak.

Tehát még egyszer határozottan leszögezzük: a tüdő és a járólábak kialakulása még nem jelenti a szárazföldi életmódra való áttérést. Adva voltak, tehát élt velük a szervezet, „hasznosította a maga javára", mint ahogy az úszóhólyagot is hasznosította légzésre (tüdőnek), eredeti funkcióját elhagyva.

Ezzel azonban kényes ponthoz érkeztünk. Egyáltalán: *a szükséglet hozza-e létre a szervet, vagy csak felhasználja a külső hatásoktól és ingerektől függetlenül — más, korábbi behatásra — létrejött szervezeti adottságokat?*

Jelen esetben a helyzet nem olyan bonyolult, mint azt még nemrégiben is hitték. A funkció megszűnése révén a szervezet egy berendezkedése úgyszólván feleslegessé vált. Az új helyzetben azonban új funkciót kapott, és ez az új szerep kifejlesztette a maga legjobb hasznára. Így lett a „használaton kívül" helyezett úszóhólyagból az új környezetviszonyok közt tüdő. Ebben nincsen semmi hihetetlen vagy csodálatos.

A lárvaállapot vízi életszakaszát törvényszerűen követő életszakasz állandósulásáig igen hosszú, folyamatos, a környezetviszonyoktól függően meg-megálló, főleg azonban csoportonként igen különböző ütemű folyamat játszódott le. Ennek a fejlődésnek az időtartama nemegy csoportban százmillió években mérhető, de ahol a leggyorsabban ment végbe, ott sem lehetett jó néhány évmilliónál rövidebb.

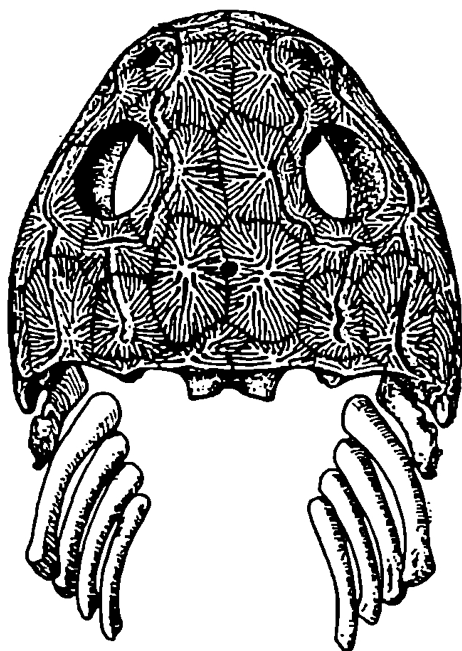
Ez az átalakulási határ tehát elmosódott. Ezt különösen a gőteformák egyike-másika igazolja. Egyeseknek egyáltalában nincs tüdeje, ami természetesen visszafejlődés, de mindenesetre jelzi a folyamat hullámzását. Más gőteformák pedig annak ellenére, hogy átalakulásuk — a tüdővel lélegző, fejlett alakká — szabályszerű, egyáltalában nem térnek át a szárazföldi életmódra, hanem állandóan a vízben maradnak, kopoltyúíveik, kopoltyúnyílásaik pedig — a tüdők mellett — végig megmaradnak.

Annak, hogy miért említjük példaként a gőteformákat és nem valódi „kétéltűeket" sorolunk itt fel, egyszerű a magyarázata. Itt a valódi kétéltűek két nagy csoportja közül a békák túl fejlettek arra, hogy fejlődéstörténetük ily korai fokára visszatekinthessünk. A második nagy csoport, a *Stegocephala* rend utolsó képviselői pedig csak a triászig jutottak fel, tehát vagy 200 millió éve kihaltak, s így nem nyújtanak olyan meggyőző bizonyítékot, mint a mai alakok. Életmódjukra csak közvetett adataink és logikai bizonyítékaink vannak. Éppen ezeket kellett előzőleg biztosabb adatokkal alátámasztani, különben nehezen volnának hihetők a várttól és megszokottól eltérő adatok és megfigyelések.

Ha ti. az ősélet búvár azt a feladatot kapja, hogy a sok ezer lelet közül válassza szét

a hüllők és kétéltűek maradványait, bizony nagy bajban van. Könnyű ezt végrehajtani a ma élő alakokon: ott a csupasz, „nyirkosan" tartott bőr, a fejlődés folyamán a pete és felnőtt állat közé iktatódó lárvaállapot (ebihal), a kopoltyúlégzés és az ennek megfelelő belső anatómia, a vérkeringéssel stb. első pillanatra jól elválasztja a kétéltűeket (26. ábra) a „száraz" kérges-csontpikkelyes-páncélos bőrű, lárvaállapot nélkül fejlődő, kopoltyúkat az élet egyetlen szakaszában sem viselő, anatómiailag is jóval fejlettebb és más irányban is specializált hüllőktől.

Mindezek a felismerhető bélyegek természetesen hiányoznak a kihalt állatok maradványain. Itt csak a jól-rosszul megmaradt csontváz jellegeiből tehetünk megállapításokat. Márpedig így egyetlen adatot is, amit ezen a területen felhasználhatunk — ha olyan szerencsés, felnőtt állattól származó leletünk van, amelynek rendszertani hovatartozása már biztosan megállapítható, viszont mégsem egészen felnőtt és így kopoltyúi is vannak még, (amennyiben kétéltű volt) — a kopoltyúívek megléte vagy hiánya alapján döntjük el: a két osztály melyikéhez kell sorolni leletünket. Ezek az esetek azonban ritkák és nem is mindig megtámadhatatlanul bizonyító erejűek.



26. Dvinosaurus *permkori kétéltű koponyája a kopoltyúívek tartóvázával*

Így hát nem tehetünk mást, mint hogy azokat az alakokat, amelyek biztosan kopoltyúíveket viseltek, csonttani jellegeik alapján összehasonlítjuk a kopoltyú-nyomokkal nem rendelkező alakokkal, és így állapítjuk meg, hogy ezek inkább a kopoltyús, tehát kétéltű csoportba tartoznak-e, vagy inkább a kopoltyútlanokhoz, azaz a hüllőkhöz.

A beható vizsgálat azután meghozza a teljes — csalódást!

Kiderül ugyanis, hogy bizony az összetartozó, közeli rokon-csoportok tagjai közt vannak szép számmal mind kétéltűek, mind pedig hüllők — vegyesen. Egyszóval: egyazon rokonsági körön belül egyes fejlődési csoportok igen gyorsan mentek át a kétéltűség fokozatán, mások lassabban, megint mások benne is maradtak. És itt érkeztünk el arra a pontra, ahol a régen jól bevált varázsszer, a kétéltűek-hüllők ellentéte teljesen elmosódik, s utolsó szalmaszálként kapaszkodunk a csigolya-felépítés és koponyacsontok különböző szerkezetű összenövésébe.

Az előzőkben már láthattuk, hogy a „kétéltűek" tekintélyes részének, a gőteformáknak alapvetően eltérő csigolya-felépítése valamennyi többi négylábútól elkülönült eredetre utal. Az összes többinek — a négylábúakhoz legközelebb álló bojtosúszós-csoportokhoz hasonlóan — kétkorongos a csigolyateste, vagy annak fejlődése ilyenre vezethető vissza (ha ugyan nem olyan kis állatokról van szó, amelyeknél a kis megterhelés következtében lényegtelen a csigolyatestek elcsontosodása, így ez csak későn, akkor következik be, amikor a felső ívek már szinte kialakították a csigolyát, tehát annak felépítésében a csigolyatesteknek már alig jut szerep; ilyenek pl. a békák, a phyllospondyl *Stegocephalus*ok).

A kétkorongos (embolomer) csigolyatestű formákhoz a legkezdetlegesebb szabású kétéltűek tartoznak. Ilyenek például az *Ichthyostegaliák*, a legősibb ismert koponyatípusú, farokúszójukban még támasztósugarakat viselő devonkori alakok, va-

lamint legközelebbi, alsó és középső karbonbeli rokonaik, tehát egy kimondottan nem kétéltű hüllőcsoport ősi alakjai. De ilyenek a legújabb vizsgálatok alapján a hüllőkhöz sorolt (korábban *Stegocephalusok*nak tekintett) *Anthracosauria*-csoport és a valódi hüllők alsó perm időszaki igen kezdetleges szabású képviselői, a *Seymouriamorphák*.

Az embolomer típusból kialakult három fejlettebb csigolyatípus közül kettő, mégpedig a hátsó elem redukciójával jellemzett stereospondyl és a két csigolyatestelem ék alakú érintkezését szemléltető rhachitom-típus csak kétéltű alakokban fordul elő, míg a harmadik (melynek éppen az elülső eleme redukálódik, miközben a hátsó veszi át a csigolyatest teljes szerepét) a hüllők, madarak és emlősök régi értelmében vett osztályait foglalja magában.

A fentiekből következik, hogy a „kétéltű" *Stegocephalus*ok zöme a hátsó csigolyaelemet redukáló típust képviseli, míg a hüllők, madarak és emlősök egységesen a csigolyatest elülső elemét redukáló típushoz tartoznak.

Mindezek után tehát csak a kezdetleges, embolomer csigolya-típuson belül marad még kavarodás a csigolyaszerkezet alapján való felosztás után is. Ezen a ponton viszont a koponya fedőcsontjainak megoszlása, illetve fejlődési iránya segít ki bennünket. Ugyanis amíg az egyik csoport koponyája hátsó részének csontjai ugyanolyan rendszer szerint olvadnak össze eredeti alkotóelemeikből, mint a bojtosúszósokénál, addig a másik csoportban a koponya hátsó peremét alkotó csontok teljesen eltérő elrendezésűek. Az előbbiek a hüllőkre utalnak, az utóbbiak pedig a „kétéltű" sorba tartoznak. Ezzel tehát gyakorlatilag a kezdeti, még nem differenciált csigolya-felépítésű csoportot is sikerült szétválasztani, bár hozzá kell tennünk, hogy ezt a szétválasztást csak a legújabb rendszertani felfogás alapján hajthatjuk végre. Azonos felépítésű csigolyák és általános hasonlóságuk alapján ezeket a kezdetleges csoportokat régebben gondolkodás nélkül egyesítették a *Stegocephalus*okon belül mint kezdetleges kétéltűeket.

Mindezeket azért mondtuk el, hogy igazoljuk: a legősibb vízlakó négylábúakból „kétéltűek" alakultak ki és léptek ki a szárazföldre. Ezek azonban korántsem jelentették a négylábúaknak azt az egységes osztályát, amelyből idővel a hüllők leszármaztak. A négylábúak ősi alakjai közül egy csoport gyorsan alkalmazkodott a szárazföldi élethez, hamar levetette kétéltű életmódját s az ezt lehetővé tevő berendezéseit (kopoltyúkat stb.) és rohamosan teljesen szárazföldi alakká vált. A másik csoport — a többség — kitartott félig a vízhez kötött életmódja mellett, s mindmáig „kétéltű" maradt.

E kétirányú folyamat kibontakozásáról adatszerűen tulajdonképpen keveset tudunk. De még ennyit sem tudunk, ha azt kutatjuk hogyan ment végbe a hüllők teljes elszakadása a víztől. Az utóbbi esetben teljesen természettudományos logikánkra, és bizonyos mértékig a fejlődés egyes lépcsőinek a szervezet felépítésében megmaradt nyomaira vagyunk utalva. Az ősi kétéltűekről többet tudunk; ezekből annyi ősmaradvány maradt, hogy legtöbbjükből következtetni tudunk egykori gazdája életkörülményeire, életterületére.

A tulajdonképpeni kétéltűek, a *Batrachomorphák* és békák két nagy csoportra oszthatók: az egyik a *Stegocephalus*ok, a másik a békák *(Anura)* rendje.

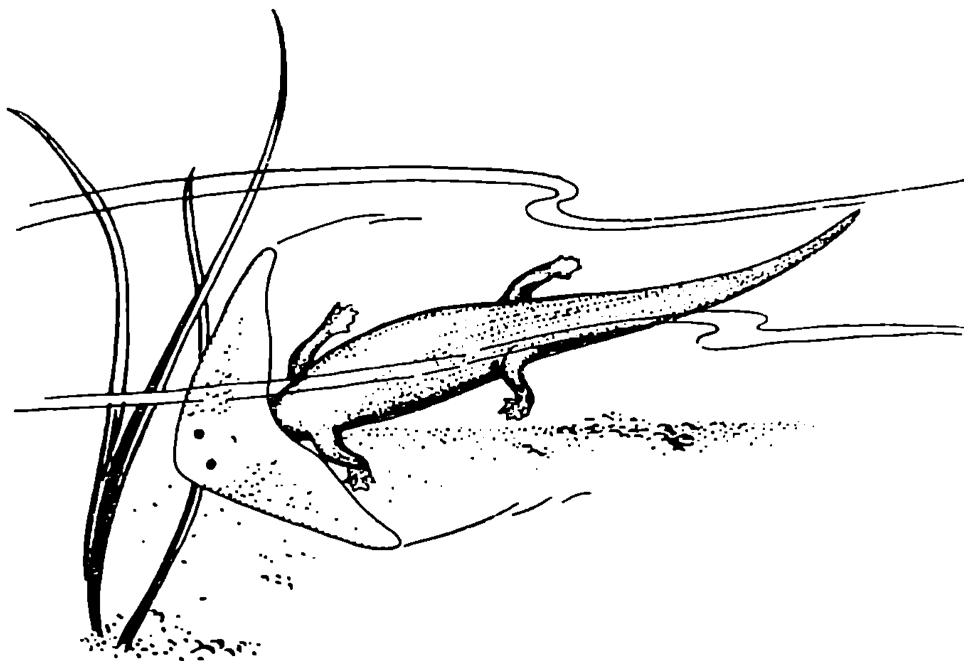
A *Stegocephalus*ok a felső devontól a triászig bezárólag éltek, míg a békák legrégibb ismert képviselője a triász alján jelent meg. Kapcsolatuk még ma is vitatott, bár természetesen bármikor felbukkanhat a békák valamilyen karbon-permkori ősi képviselője, melyen keresztül ez a kapcsolat véglegesen rögzítődik. Mindenesetre kétségtelen, hogy a két rend közt egyelőre komoly szakadék tátong.

Miben is áll ez?

Elsősorban — sőt szinte kizárólag — abban, hogy a békák viszonylag igen korán,

200 millió évvel ezelőtt nagymértékben specializálódtak mai formájukra, míg a *Stegocephalus*ok aránylag igen kissé távolódtak el a legősibb négylábúak testalkatától. Így történt azután, hogy alapvetően nagyfokú hasonlóságuk mellett külsőleg mégis igen messzemenően eltér e két nagy csoport.

Az eltérések nagyjából a következők. A *Stegocephalus*ok megtartották ősi csontpikkely-páncélzatukat; a békák teljesen csupaszbőrűek. Az előbbieknek általában mind megmaradt eredeti megnyúlt, a testhez arányítva fejlett, erőteljes úszófarkuk, míg az utóbbiak farka csak lárvaállapotukban van meg s később teljesen eltűnik. A *Stegocephalus*ok — amennyiben nem specializálódtak a kígyóforma, megnyúlt, végtagnélküli testalkat irányában — viszonylag gyenge végtagú állatok voltak. A békák közismerten — olykor hatalmas ugrásokra képesítő, többnyire fel-



27. Az oldalirányban szarvszerűen kiterült fejű, permkori Diplocaulus *kétéltű életkép-rekonstrukciója*

tűnően erősebben fejlett hátsó végtagokkal rendelkeznek. Végül még a szakember szemében legfontosabb eltéréseket, a *Stegocephalus*ok zárt koponyatető-felépítésének nagymérvű fellazulását, redukcióját, az egész csontváz könnyebbé válását kell hangsúlyoznunk.

Természetesen az életmódban is nagy különbség mutatkozott a két rend tagjai között. Ugyanis míg a *Stegocephalus*ok — sőt közöttük még azok is, amelyek nem szükségképpen állandó — vízlakók voltak (amint arra a kígyóformára megnyúlt, visszafejlődött vagy éppenséggel teljesen redukált végtagú alakok gyenge végtagalkotásából, nagyrészt aránytalanul nagy fejükből (27. ábra) következtetni lehet), addig a békák túlnyomó többsége a vízi lárvaidőszak után szárazföldi vagy csak részben vízi életet él.

A *Stegocephalus*ok elterjedésének tetőpontja, virágzásuk csúcspontja a karbon időszak, amikor a kiterjedt kőszénlápokban hihetetlen tömegben és változatosságban éltek. Virágzásuk tehát szorosan összefüggött e kor hatalmas páfrány-zsurló mocsárerdeivel; az ezekből felhalmozódott hatalmas karbonkori kőszenek és ezek meddő

közbetelepülései, palái valóságos ősi múzeumai az akkori kétéltűek, a *Stegocephalus*ok változatos világának.

Az ide tartozó állatok — belső szervezetük egyveretűsége és életmódjuk, vagy legalábbis élettájuk azonossága mellett is — igen változatos külsejűek. Először is meglepően sok típusuk testalakja rendkívül megnyúlt. Ezek, a különböző mértékben elcsenevészedett végtagok sokféle redukciós fokain keresztül a teljesen végtagnélküli, kígyószerű alakig úgyszólván minden változatot képviselnek. Többségük — különösen kezdetben — a megnyúlt, hengeres, vagy hát-hasi irányban lapított testű, erőteljes úszófarkú, megnyúlt háromszög-alakú, lapos fejű típushoz tartozott. Ebből a típusból fejlődött ki a test zömökebbé válásával, a farok fokozatos megrövidülésével, és a fej mind hatalmasabb méreteivel párhuzamosan az a típus, amelyik a *Mastodonsaurus*ban és társaiban a triász folyamán tűnt el végleg. A törzs



28. *Az ősi kétéltűek óriása, a triászkori* Mastodonsaurus *életkép-rekonstrukciója*

hosszánál semmivel sem rövidebb, de annál mindenképpen szélesebb hatalmas fej lehetetlenné tette, hogy az állat még farokkal úszva jusson előre. A farok tehát visszafejlődött. De szorosan összefügg ezzel a helyváltoztatás egy másik lényeges kérdése is: ezt a hatalmas testet kint a szárazföldön csak egészen különlegesen erős mellső végtagok bírták volna el. Ez pedig a *Stegocephalusok*ról nem mondható el. Így nem marad más választásunk, mint hogy feltételezzük: ezek az állatok szinte kivétel nélkül a vízben, illetve a vízfenéken nehézkesen mozgó alakok voltak, melyek csak itt, a víz kiegyenlítő segítségével többé-kevésbé „súlytalanná válva" voltak képesek mozogni. Közben ne felejtsük el, hogy pl. a *Mastodonsaurus* (28. ábra) koponyahossza elérte az egy métert, ami egymaga már kellően érzékelteti az állatok méreteit és nehézkességét.

Külön kell említenünk a valószínűleg életfogytiglan kopoltyút viselő, alig arasznyi phyllospondyl alakokat, pl. a *Dissorophus*-féléket (*Amphibamus, Branchiosaurus* stb.), ahová a lekerekített, a *Stegocephalus*ok tipikus, igen zárt koponyaalkata helyett nagy nyílásokkal áttört koponyájú, rövidfarkú vízlakó kétéltűeket számítják. Jelentőségük, hogy őket tekintik a békák legközelebbi rokonainak.

A békák eredetét nemrégiben még csak a felső juráig tudtuk visszavezetni. Alig 20 éve azonban Madagaszkárból előkerült egy békalelet. Ez egyszeriben a triász elejéig nyomta le a határt. A lelet nagy izgalmat váltott ki, egyben csalódást is okozott.

Ez a lelet *(Protobatrachus massinoti)* ugyanis, annak ellenére, hogy igen jelentős bélyegeiben megfelel a békák őseihez fűzött követelményeknek, egészben véve épp olyan valódi és hamisítatlan béka, mint akár egy kecskebéka.

Természetesen felmerülhet az olvasóban a kérdés: mikor „valódi" egy béka? Ez először is egész testalkatából következik. Rövid, széles, elöl kerekített, lapos fej, nyaknélküli átmenet a törzsbe, amely szintén rövid, széles és lapos. Mindehhez rövidebb mellső, hosszabb (esetleg igen hosszú), ugrásra specializálódott hátsó lábak, a farok teljes hiánya, és végül a csupasz bőr járul.

Ezekben a jellegekben a *Protobatrachus* semmiben sem marad el a „modern" békától. Vagyis a békák már 200 millió évvel ezelőtt rendelkeztek mindazzal a külső alkati adottsággal, ami ma is jellemzi őket.

Szóval semmit sem fejlődtek azóta?

De igen, sőt elég sokat.

Miben?

A választ egy kis magyarázattal vezetjük be.

A békák életmódja egész sereg alkalmazkodási bélyeget hozott létre azok anatómiai felépítésében. Ilyenek pl. a csigolyák számának lecsökkenése egészen 6—10 keresztcsont előtti csigolyára. Ettől a *Protobatrachus* még messze van: 13—16 törzscsigolyája van ezen a szakaszon. Azután a békák alkar- és lábszárcsontjai egységes csonttá nőttek össze; a *Protobatrachus*on ezek még különállók. A békák medencecsontjai különös, villa alakú berendezéssé forrtak egybe, amelynek hátsó végén kerek „tárcsába" illeszkednek a combcsontok, elülső végük pedig inakkal a keresztcsonthoz van erősítve; valósággal rugalmasan felfüggeszti a hátsó végtagpárt a gerincoszlopra. Ez természetesen igen célszerű az ugró állat „kirugózására". Ennek bizony csak a kezdeményeit találjuk a triászkori ősön. Medencéje még nem elöl függeszkedik a keresztcsonton, egyáltalán nem olyan megnyúlt és fejlett még. Végül: a békák keresztcsont mögötti összes csigolyái egy egységes, tőr alakú csonttá nőttek össze. Ehelyett a *Protobatrachus* keresztcsigolya mögötti csigolyái ugyan erősen redukáltak, tehát külső farok már nem fejlődött ki, ellenben ezek a csigolyák még különállók, nem nőttek össze egységes „urostylus"-szá.

Mindezek azt igazolják, hogy a *Protobatrachus*, ha életmódbeli alkalmazkodásában már fel is vette a békák minden fontos jellegét, annak anatómiai kivitelezésére még nem alakultak ki a legtökéletesebb, legfejlettebb berendezések. Ebben primitív ez a típus.

És a fiatalabb leletek, a felső jurából származó békamaradványok? Ezek már teljesen mai békák. Ha azt vesszük, hogy a ma élő alakok egyáltalában nincsenek valamennyien ugyanazon a fejlettségi fokon, akkor azt mondhatjuk, hogy a 150 millió évvel ezelőtti békák már semmiképpen nem tartoznak — mai szemmel sem — a kezdetleges szervezetű alakok közé. Mint ahogy a *Protobatrachus* koponyája annyira mai szabású, hogy a „legmodernebb" kecskebékáink mögött sem marad el. Ezen viszont kissé elgondolkodhatunk. Lehet, hogy a *Protobatrachus* nem is igazi őse a mai békáknak, hanem olyan ún. oldalági rokon. Ezért azután igen „modern" jellegek keverednek benne ősi jellegekkel, amelyek már a *Protobatrachus* idejében is csak egyes alakokon voltak meg.

Természetesen azt, hogy ez a feltevés helyes-e vagy sem, csak további leletek alapján dönthetjük el.

A békák — csupasz bőrük miatt — ha nem is a vízhez, de állandóan nedvesnyirkos levegőhöz és bizonyos hőmérséklethez vannak kötve. Ez szab különben határt a békák terjeszkedésének a sivatagok és sarkvidékek felé.

Még egy tényező befolyásolja a békák szabad terjeszkedését. Általában — kezdet-

ben kivétel nélkül — a vízbe rakják le petéiket, amelyeket a hímek itt termékenyítenek meg, akárcsak a halak nagy része. A vízben kikelt lárvák (ebihalak) kopoltyúkkal lélegzenek és csak egy bizonyos testnagyság elérése után alakulnak át a felnőtt békához hasonló állatokká. Csak mellesleg jegyezzük meg, hogy ez az ebihal-forma már alkalmazkodás a különleges vízi életmódhoz, nem pedig őseredeti fejlődési formája a békáknak. Kezdetben, akárcsak a mai gőteformák — és néhány maradványból ítélve a *Stegocephalus*ok esetében is — petéből kibúvó fiataljai még alig különböztek a felnőtt állatoktól, csak idővel alakult ki az ebihalak különleges vízi formája mint lárva-specializáció.

Az ebihal-állapot a békák közt sem általánosan elterjedt, csupán a hidegebb éghajlaton szaporodnak így. A trópusokon és általában a melegebb éghajlatú területeken igen gyakori, hogy a nagy (és szikanyagban gazdag) petékből nem lárvák, hanem a felnőtt állatoktól csak méretben különböző kis békák másznak ki. Ahol pedig nem ez a helyzet, ott legalább a szülők egyike gondozza, hurcolja állandóan magával (torokban, hangzacskóban, költőtasakban, vagy a háton képződött különleges gödrökben) a megtermékenyített petéket az állat kibúvásáig. Tehát ezeknek is hiányzik a kopoltyús lárvaállapota, az ebihal.

Mindez azt tárja elénk, hogy a békák éppen ott, ahol számukra legkedvezőbbek a környezeti viszonyok, fokozatosan mindinkább átalakulás nélkül kibúvó, kész fiatalokat hoznak világra, vagyis általános támadást indítottak terjeszkedésük legnagyobb korlátja, a vízhez kötöttség ellen. Nem tudjuk, hogy mióta tart ez az ostrom; azt sem tudjuk eldönteni, hogy milyen gyorsan halad, és mennyire válik általánossá. A békák fejlődésének hihetetlenül lassú ütemét ismerve elképzelhető, hogy ez a folyamat millió és millió évet vesz igénybe.

Elszakadás a víztől

A négylábúak eddig tárgyalt csoportjait több-kevesebb biztonsággal összeköti az a tulajdonságuk, hogy valamennyi — legalábbis élete első szakában — kopoltyúval lélegzik, vízi életmódot folytat. Ezért hívjuk őket kétéltűeknek.

Semmi adatunk sincsen arra, hogy milyen úton-módon kísérelték meg az egyes rég kihalt kétéltű-csoportok a szabadulást ebből a kötöttségből. Viszont éppen elég példát ismerünk arra, hogy az élő kétéltűek különböző magasabb fejlettségű csoportjaiban számos olyan berendezkedés alakult ki, amelynek segítségével a fiatal nemzedék fejlődése a vízi életszakasz átugrásával, közvetlenül a szárazon induljon el, vagy legalábbis mielőbb oda tevődjön át.

Így a meleg égövi békák egyik-másik családjában általánosan elterjedt az a jelenség, hogy nagyméretű megtermékenyített petéből nem lárva, tehát az ún. ebihal bújik ki, hanem rögtön a kész négylábú, visszafejlődött farkú, kopoltyúnélküli béka. Ez ugyan fejlődése folyamán a petében végigéli a farkos-kopoltyús ebihal-fejlődés egyes lépéseit, csakhogy ez az időszak a peteburok védelmében, a külvilágtól elzárva, embrionális szakaszban zajlik le.

Más békáknál meg éppenséggel ez a petében végbemenő „készrefejlődés" is külön védőberendezés segítségével történik. Például a megtermékenyített peték elhelyezése a hímállat hangzacskójában, vagy a háton erre a célra alakult bemélyedésekben, amelyek teljesen beburkolják a fejlődő embriót magába záró petét addig, amíg a kész állatka ki nem mászik onnan.

Az ilyen és hasonló berendezések azonban kizárólag csak azt szolgálják, hogy a

fejlődő ivadék számára a hiányzó vízi környezetet egyenletes, nedves — tehát nem kiszáradó — környezettel helyettesítsék. Ez ugyan a víztől való függetlenné válás egyik tényezője, de mégiscsak egy közbenső állomás, és egyáltalában nem az első és legdöntőbb lépés. Mindezek a megoldások korántsem teszik fölöslegessé a vizet a szaporodás első, indító fázisában: a peték megtermékenyítésének idején.

Természetesen nem ezek az egyedüli alkalmazkodási módok.

Mielőtt ennek magyarázatára rátérnénk, nézzük meg, hogyan kísérli meg a négylábúak másik fejlődési iránya, a gőteformák osztálya a szárazföld teljes meghódítását — ha egyáltalában megkísérli ezt.

Először is a gőteformák igen tekintélyes része (valamikor *Perennibranchiata* néven rendszertanilag is összefoglalták őket) a vízi életmódot egyáltalában nem adja fel. Ezek életfogytiglan hordják kopoltyúikat.

Másik nagy csoportjuk, akárcsak a békák nagy része, vízi lárvaállapot nélkül fejlődik. Ezek éppen a trópusi-szubtrópusi párás, nagy erdőségek lakói, s így vízhez csak nehézségek árán, vagy gyakran sehogy sem juthatnak (pl. a hegyi erdőségekben). A gőteformák, szemben a békákkal, ún. „eleven-tojás"-sal könnyítenek ezen a nehézségen, vagyis megtermékenyített petéiket (tojásaikat) testükben érlelik meg, a kis állatok még az anyaállatban fejlődnek ki, és látszólag az elevenszülő állatok kicsinyeihez hasonló módon „születnek". Ennek természetesen van egy igen különös előfeltétele. A vízben szaporodó békák és gőték nőstényei a vízbe rakják le petéiket, a hímek pedig a vízbe permetezik ondójukat, amely így megtermékenyíti a petéket. A szárazon természetesen a megtermékenyítésnek ez a módja kivihetetlen. A gőte hím egy kis tokban bocsátja ki ondóját, amit a nőstény felvesz a kloakájába, ahol a tok feloldódik, s a sperma felvándorol a petékhez és megtermékenyíti azokat. Ez közvetlen közösülés nélküli belső megtermékenyítés.

A víz közvetlen közelétől így függetlenedett gőteformáknak tehát nincs a kétéltűekre jellemző lárvafejlődése. Egyes alakjaik a Földközi-tenger mellékének száraz sziklás vidékein mozgásuk fürgeségével valósággal kirínak a kétéltűek közül, és egészen gyíkszerűen hatnak (*Chioglossa*).

Mindezek a példák jól szemléltetik, hogy mindkét „kétéltű" osztály közt számos csoport fejlődése figyelemre méltó utat tett meg a vízhez kötöttség leküzdésében. Ennek ellenére a levegő páratartalmának nagyobb mérvű csökkenése határt szab terjeszkedésüknek. Vízgazdálkodásukat képtelenek a külső körülményektől függetleníteni.

Mi ennek az oka?

Valamennyi ismert élő kétéltű bőre mirigyekkel teletűzdelt, egyszerű hámsejtekből felépített vékony bőr. Rajta a víz éppoly könnyen távozik, mint amilyen könnyen az oxigénfelvétel történik. Ez azzal a veszéllyel jár, hogy ha nem elég páratelt a levegő, akkor az állat könnyen kiszárad és elpusztul. Ezért nem hagyhatja el a vizet, illetve a páratelt, árnyékos területet.

De ne felejtsük el, hogy a ma élő kétéltűek csupasz bőre nem tükrözi vissza a négylábúak ősi állapotát. Sőt! Tudjuk, hogy a földtörténet ókorának mindkét osztálybeli kétéltűi nehéz páncélos-pikkelyes alakok voltak. A giliszta külsejű *Gymnophionák* bőrében még ma is ott találjuk az ősi páncél utolsó, csontszemcsékké visszafejlődött maradványait.

Ez az a pont, ahol — hogy úgy mondjuk — a kétéltűek sorsa évszázmilliókra eldőlt: „levetették"nehézkes páncéljukat; ezzel lehetővé vált, hogy a gőteformákéhoz hasonlóan gyenge felépítésű test a szárazföldön is életképes legyen, vagy lehetővé vált a békák nagy mozgékonysága. Egyúttal azonban elvesztették azt a védőpáncélt, amely végső fokon a kiszáradás ellen eredményesen védhette őket.

Itt vált el élettani okokból a két fejlődési irány további sorsa: az egyik megmaradt a védtelenné vált bőr páraigény-szabta korlátai közt; a másik pedig — a hüllők — e korlátokat áttörve elindult azon az úton, amelynek a végén ott van a víztől való teljes elszakadás: a szárazföld meghódítása.

A megosztott sereg

Az előzőkben láttuk, hogy a négylábúak roppant változatosságú törzse számtalan fejlődési ágban, igen különböző gyorsasággal, elindult a szárazföld teljes meghódítására. Kísérletük napjainkig igen változatos eredményig jutott el.

A csigolya-felépítésükben valamennyi négylábútól elütő *Urodelidiák* testszabásukban, szárazföldhöz való alkalmazkodásukban gyakorlatilag megálltak a paleozoikum végéig elért fejlődési fokukon. Azóta lényegesen már nem fejlődtek.

A csigolya-felépítés alapszabásában egységes irányban elindult többi négylábú a további fejlődés során szinte robbanásszerűen szétágazott. Egyes fejlődési ágai azután más-más eredményre jutottak, más-más időben érve el ugyanazt a fejlettségi fokot. Ezt a csigolyatest különböző utakon végbement további fejlődése jelzi.

Az egyik fejlődési ágban — ahova egyébként a *Loxembolomeri*-csoport tartozik — a kettős csigolyatest ék alakú továbbfejlődésén, majd az egyes ékek összenövésén át jut el az egységes, stereospondyl csigolya-felépítéshez. Ide tartoznak a *Stegocephalus*ok, és a máig fennmaradt békák is. Ez az ág tehát részben a triász folyamán kihalt — a kétéltűek fejlődési fokán, részben pedig a békákban fennmaradt — szintén kétéltű fokon.

Minket itt most a másik — ismét csak aránytalanul nagyobb — csoport további története érdekel. Ezt a csoportot koponyacsontjainak a valódi kétéltűekétől eltérő elhelyezkedése alapján már amúgy is szembeállítottuk ezekkel. Még élesebben szembekerülnek velük további fejlődésük folyamán, amikor már mindkét csoport az ikercsigolyás korszakból kinőve indul el külön utakon.

Nézzük meg, mi is ez a — kétéltűekkel kapcsolatban már röviden érintett — különbség? Semmi egyéb, mint hogy a kétéltűek csigolyáiban az első ikercsigolya a felső, a második az alsó részében ékelődik ki, vagyis az embolomer korban párhuzamos korongként egymás mögé sorolt csigolyapár egymással szembefordult éket alkot (rhachitom csigolya). Ez a kettő azután a fejlődés befejező szakaszában egységes csigolyatestté forrott össze.

Ezzel szemben a többi négylábúban az eredetileg ugyancsak embolomer csigolya elülső csigolyateste elvékonyodik, elcsökevényesedik, végül csigolyaközi porccá alakul, míg a hátsó csigolyatest megerősödve, a stereospondyl csigolyától alig megkülönböztethető egységes csigolyává fejlődve látja el szerepét (gastrocentrális csigolya). Az eredmény, mint látjuk, teljesen ugyanaz, viszont a hozzá vezető út egészen eltérő. Ez az eltérő fejlődési út teszi lehetővé, hogy a két különálló fejlődési ágat el is tudjuk különíteni. Ez egyben arra is figyelmeztet, hogy *a megtévesztésig hasonló szervek, anatómiai berendezések nem mindig jelentenek közeli rokonságot* is. Az esetek igen nagy százalékában csak összetartó fejlődés *(konvergencia)* folyományai, nem pedig igazi vérrokonság, ún. fejlődéstörténeti közvetlen kapcsolat eredményei.

Ennek a felismerésnek azonban a hüllők-kétéltűek vonatkozásában messzemenő következményei voltak, amit az alábbiakból igen könnyen megértünk.

Azt, hogy a kétéltűek nem jelentenek rendszertani-fejlődési egységet, már a gőték és szalamandrák, illetve a *Stegocephalus*ok és békák éles elkülönítésekor vilá-

gosan láttuk. Most pedig arra a további tényre kell a figyelmet felhívnunk, hogy ellenkező irányban, a hüllők felé sem áll fenn ez a határ. Az egyik oldalon megvan a valószínűsége, hogy egyes, koponya-felépítésükben és csigolya-fejlődésükben „kétéltűek"-nek a vízi lárvaállapota már eltűnt (mint nemegy mai békának), a másik oldalon pedig a „hüllők" koponyatípusa és csigolya-felépítése messze visszavezet az ősi „kétéltűek" közé. Vagyis más szavakkal: a hüllők gastrocentrális csigolyatípusa és a hüllőkre jellemző koponya-alkata messze visszavezet a karbon-perm kopoltyús, tehát fiatal korban vízi lárvaállapottal fejlődő alakjai közé, sőt a koponya alapján még a legősibb, embolomer csigolya is kimutatható olyan formákon, amelyeken a fejlődés iránya kétségtelenné teszi a hüllő-fejlődési vonalba való tartozást. Emellett azonban ezek valamennyien még kimutathatóan „kétéltű" lárvaállapoton mennek át.

Mindez azt mutatja, hogy a kétéltűség a fejlődésnek csak egy foka, és erre rokonságot nem alapíthatunk. Három teljesen önálló, egymástól függetlenül haladó vonal ment illetve megy át ezen a fázison, a vízi, kopoltyús lárvaállapoton, és érte el vagy kezdi elérni a víztől függetlenített fejlődés, a „hüllőszervezettség" fokát.

Bennünket elsősorban az érdekel, hogy eljutottunk egy olyan csoportig, melyet kezdetben még kopoltyús lárvaállapot, később teljesen szárazföldi, tüdőlégzéses szervezeti berendezkedés mellett embolomer (ikercsigolyás) állapotból a gastrocentrális csigolya-alkatba átjutó, koponyatípusukat illetően pedig az *anthracosaurid* (egy ősi csontelemből alakult *interparietale*jú) típus szerinti felépítés jellemez.

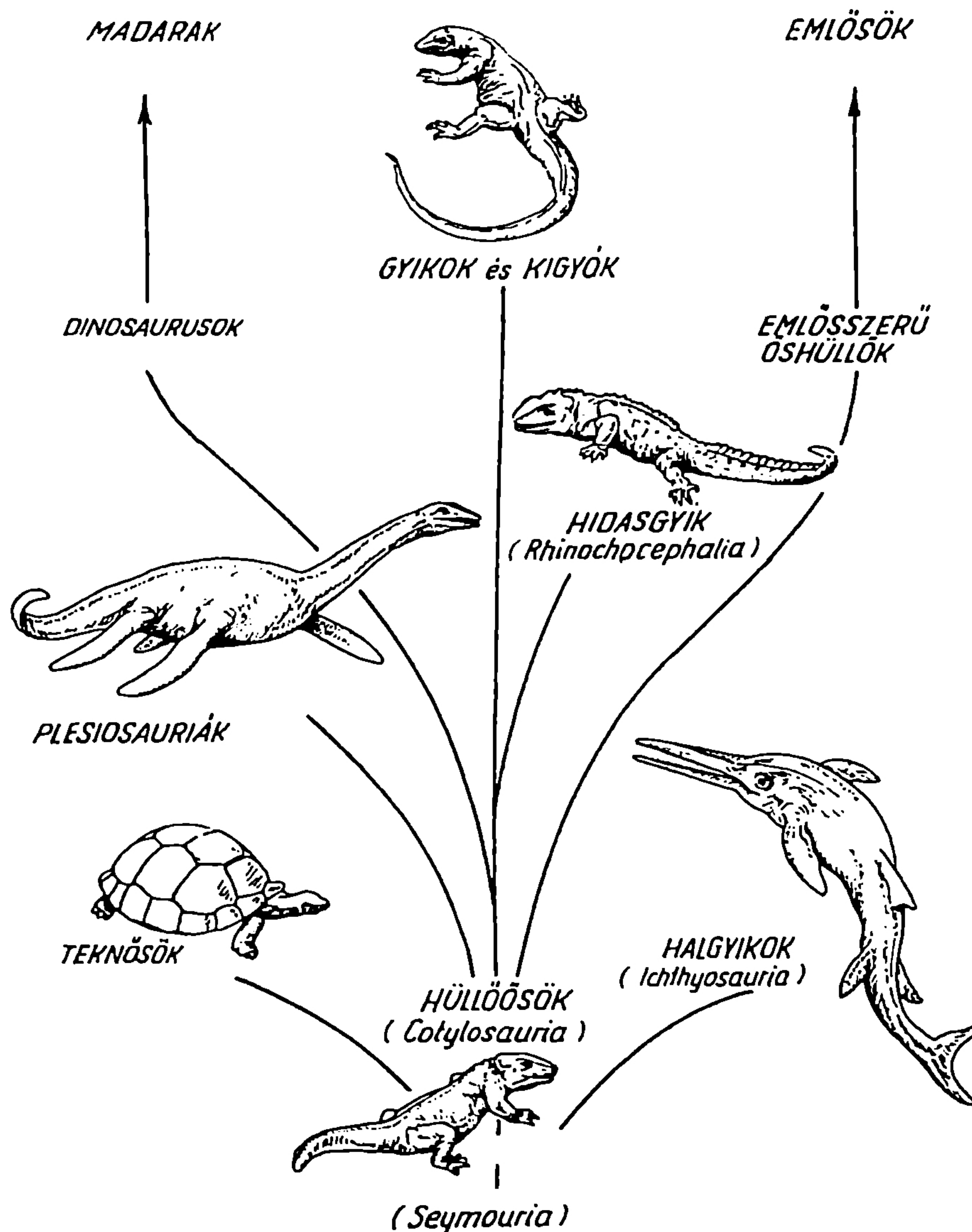
A most már nem külsőségek, nem egy bizonyos fejlődési fok, hanem belső, származási összefüggések alapján egységesnek tekintett nagy fejlődési csoport — amelyet a régi szemlélet szerint a „*Stegocephalus*ok" egy kis része (*Anthracosaurius*ok), valamennyi régi értelemben vett hüllő, valamint a madarak és emlősök osztályai alkotnak — természetesen eredet, fejlődési irány, alkalmazkodás alapján igen hamar beláthatatlan sokaságú kisebb csoportra, fejlődési ágra szakadt.

Ezek rendszerezése, rokonsági körökbe való sorolása, nem kevésbé a belőlük levezetett madarak és emlősök osztályainak megfelelő helyre való illesztése — másfél évszázad rengeteg munkája, erőfeszítése után — ma kezd mind tisztábban kibontakozni. (29. ábra) Amíg azonban odáig eljutott a kutatás, hogy kilátásairól ennyi derűvel nyilatkozhassunk, — rengeteg csalódáson, vitán kellett átjutnia. E mai eredményeket annak a felismerésnek köszönhetjük, hogy míg a legrégibb karbon—permkori alakok koponyája kivétel nélkül egységes páncélként fedi a fej felső felületét (csak 5 nyílást: két orr-, két szem- és egy ötödik, ún. fejtetőszem-nyílást hagyva szabadon), addig a későbbiek során ennek hátsó szakaszán változó elhelyezésű 2—4 ún. „halántéknyílás" keletkezett. Ezek révén alkalmazkodásbeli különbségek alapján igen messze került, de eredetileg összetartozott csoportok rokonságát, illetve ugyanilyen alapon igen hasonlóvá vált csoportok össze nem tartozását sikerült olyan mértékben tisztázni, mint a régebbiek során pl. a csigolya keletkezésének különböző útjai vagy az interparietale eltérő eredete alapján.

Kiderült ugyanis, hogy ha a koponya már eljutott a halántéknyílás kialakulásának fokára, akkor csak egy vagy két halánték-pár keletkezik. A kettő helyileg mindig határozottan elvalik egymástól. Ami a legfontosabb: a kettő közt átmenet nincsen; egyik sem alakul át a másikba. Ez pedig azt jelenti, hogy a halántéknyílások rendszere az ezzel egyáltalában rendelkező alakok nagy tömegén igen jól használható útmutatás az egyes csoportok rokonsági kapcsolatainak tisztázására.

Természetesen ez nem azt jelenti, hogy akár az egy-halántékpáros, akár a kéthalántékpáros csoportok minden alakjára szigorúan érvényes ez a sajátság. Ellenkezőleg: a fejlődés folyamán ez az alapszabás nem egy módosulást mutat. Szerencsénkre

azonban e módosulások lehetőségei igen korlátozottak, miután megszabott anatómiai elváltozásokra vezethetők vissza, melyeket jól ismerünk és követni tudunk, hiszen a rágóizomzat fejlődésének közvetlen hatása alatt történik a módosulás, összhangban az alsó állkapocs megfelelő módosulásával. Ennek alapján leggyakoribb módosulás a két-halántékpárosokon az alsó halántékpár alsó peremének visszafejlődése. (Például a gyíkok és még magasabb fokon a kígyók állkapocs-ízülése szabadabbá, ezáltal a szájnyitás nagyobb méretűvé válhat.) A másik módosulás, amelyet itt megemlíthetünk, mindkét csoportban úgyszólván a fejlődés végpontjaként keletkező átalakulás: a nyílás oly mértékű kitágulása, amely mellett az eredeti koponyafedőből már csak keskeny taraj, vagy híd marad. Ez a fejlődés természetesen azzal is jár, hogy a kezdetén



29. A magasabb rendű négylábúak — hüllő-törzsek, madarak, emlősök — vázlatos fejlődéstörténeti összefüggése

a bőr alatt képződött, pikkely-eredetű koponyafedőcsontok, amelyeken eleinte az izmok csak kis nyílásokon lépnek ki a koponya felületére — a fejlődés végére az izmok alá „süllyesztett" belső agytokká válnak. Íme egy fejlődés, amelyre a természetben ott, ahol az gyorsan lezajlott, „alig" 200—250 millió évre volt szükség!

De térjünk vissza kiinduló pontunkhoz.

Az előbb elmondottakból az olvasó azt a következtetést vonhatja le, hogy a gastrocentrális csigolyájú alakok rendszerezése az egy-, illetve két-halántékívesekre való felosztással tulajdonképpen teljes megnyugvásunkra meg is történt. Nem szabad azonban elfelejtenünk, hogy a halánték-ablakok felszakadása a gastrocentrális-anthracosaurid fejlődési ágban nem következett be korán, sőt nem is mindenütt. Ugyanis még azokban a fejlődési csoportokban is, amelyeken nem jöttek létre ilyen halántéknyílások, meszemenően végbement egy másik folyamat, amely lényegében ugyanarra az eredményre vezetett: a koponyafedő szem mögötti alsó és kétoldali hátsó peremén kezdetben beöblösödések keletkeztek, mégpedig hol a hátsókon, hol a halántékalattiakon, hol pedig egyidejűleg mindkét helyen, ami végül is az egységes koponyatető megbontására vezetett. Ahhoz, hogy rajta a rágóizmok kiléphessenek, a koponyacsontok a mélybe szorultak, agytokká szűkültek. Ezt a fejlődési utat a teknősök járták, mint azt később még látni fogjuk.

Mármost, ha egy beosztandó alakon egy vagy két halántékpár látható, tudjuk, hova soroljuk a rendszerben. Ha azonban történetesen még nincs semmiféle halántéknyílása vagy beöblösödése az egységes koponyatető felépítésében, akkor bizony nemegyszer igen nehéz helyzetben vagyunk. Nem tudhatjuk ugyanis az előbbi meggondolások alapján, hogy vajon kései utódai melyik irányba haladnak vagy haladtak a szóban forgó alak földtani korát követő évmilliók vagy évtízmilliók során.

Ezért mindazokra az alakokra, amelyek még nem jutottak el a halánték-nyílások keletkezésének a fokára, nem, vagy csak más jellegek segítségével alkalmazható a magasabb fejlettségűeken igen jól bevált szétválasztási rendszer. Márpedig azt is el kell itt mondanunk, hogy a fejlődésnek éppen ebben a korai időszakában az egyes fejlődési ágak elváló „specializálódása" igen nagyfokú volt. A kezdeti fejlődés rendkívül sokféle lehetőséget teremtett meg, amelyek viszonylag rövid idő után eltűntek, nem eléggé differenciált jellegeik határozatlanságával erősen nehezítve a fejlődéstörténész és rendszertan-kutató munkáját.

Természetesen arra is figyelmeztetnünk kell még az olvasót, hogy ahol a halántékívek kifejlődésének kettős útja jó elválasztást tesz lehetővé, ott is fennáll egy bizonyos kétely lehetősége. Nem hangoztathatjuk eléggé, hogy a hasonlóság az összetartozásnak csak a lehetőségét jelenti, nem a bizonyosságát.

Így tehát egy egy-halántéknyílású és egy két-halántéknyílású alakokat összefoglaló csoport biztosan nem közös eredetű. Két egy-halántéknyílású csoport rokonsága, vagy a másik oldalon két két-halántéknyílásúé legfeljebb csak valószínűsíthető (mert esetleg kiderül, hogy ezek a berendezkedések függetlenül, nem-rokon csoportokban is kialakulhattak.) Ezt csak azért említjük meg, mert a hasonlóságok alapján biztosnak tekintett rokonsági kötelékekből is itt-ott ki kell valamelyik csoportot emelni, amelyről kiderül, hogy a rokonsági bizonyítékként nyilvántartott jelleget a többi ágtól függetlenül szerezte meg.

Az itt bővebben részletezett nehézségek kényszerítenek arra, hogy azokat a csoportokat, amelyeken még a későbbi halántéknyílás differenciálódásának a nyomai nem látszanak (illetve esetleg el sem indulnak) — közös, ősi csoportként állítsuk szembe a két (ti. egy és két pár halántéknyílásos) későbbi fejlődési iránnyal.

Gyakorlati könnyebbség céljából egyelőre ide — a halánték-nyílás nélküliekhez — soroljuk a már említett „harmadikutas" teknősöket is.

Ez az „ősi" csoport nem tekinthető természetesnek, de mindaddig, amíg nem sikerül belőle legalábbis a két továbbfejlődött nagy csoport őseit gyökerükig feltárni és kiemelni, kényszerűségből fenntartandó.

Az első önálló ág ebben az ősi szabású alakokat összefoglaló csoportban az *Ichthyosaurius*ok, az ún. halgyíkok rendje. Tulajdonképpen a középső triászban jelennek meg, tehát viszonylag későn. Ehhez mérten testük egész szabása igen specializált, úgyszólván „készen" léptek a fejlődéstörténet színpadára. Ekkorra külsejükben látszólag már teljesen delfin-szabású alakot vettek fel. Hengeres testük, delfincsőrszerűen megnyúlt orr-részük, lapátszerű úszóvégtagjuk, a delfinekre és cápákra emlékeztető háromszögű hátúszójuk volt; kétágú, csak a delfinek vízszintes farokszárnyaival ellentétben függőleges farkúszójú tengeri ragadozók voltak ezek az állatok.

Alakbeli elszigeteltségük és minden más hüllőétől eltérő specializálódásuk kezdettől fogva sok fejtörést okozott a rendszertannak. Sokkal jobban ma sem állunk ezzel a kérdéssel, sőt, bizonyos tekintetben még bonyolódott is a legutóbbi időkben. Ugyanis 1952-ben egy kutató Grönland legalsó triász rétegeiből egy olyan koponya-maradványt és némi további csontleletet ismertetett, amelyet — *Tupilacosaurus* — a koponyacsontok formája alapján nem sorolhatunk máshova, mint az *Ichthyosaurus*okhoz mint azok legősibb ismert képviselőjét. Koponyája hátsó részének felépítése azonban a kihalt hüllők egyik legkiemelkedőbb ismerője, *Huene* szerint kétségtelenné teszi a *Stegocephalus*okkal fennálló kapcsolatokat. Ennek alapján — ha *Huene* feltevése helyesnek bizonyulna — a halgyíkok valójában nem hüllők, hanem — legalábbis eredetükben — valódi kétéltűek — hüllőfejlődési fokon!

Még eldöntetlen, hogy végső fokon a kétéltűekből kell-e az *Ichthyosaurus*okat levezetnünk vagy az ősi hüllők csoportjának egy elszigetelt ágát képviselik továbbra is, de ahogy a fejlődés útját látjuk, nem marad sokáig bizonytalan. Addig is megelégedhetünk azzal, hogy minden tekintetben nagymértékben izolált, megjelenésekor már feltétlenül a fejlődés „hüllő"-fokán állott csoportot képviselnek.

De nem ez a halgyíkok egyetlen megoldásra váró rejtélye.

Származásuknál nem kisebb — bár ehhez némileg kapcsolódó — rejtély, hogyan lettek szárazföldi ősökből kiindulva ilyen tökéletes, halszabású tengerlakókká, megtartva közben a szárazföldön megszerzett tüdőlégzésüket.

És ha mégis a *Stegocephalus*okhoz csatlakozó kétéltű-leszármazottak? Miért és hogyan vesztették el akkor kopoltyúlégzésüket, ha végső fokon tengerlakó, hal alakú formákká fejlődtek ki?

Sok tekintetben ez szól *Huene* ellen. Nem valószínű, hogy egy csoport, amely vízben él, kopoltyúkkal is lélegzik a felnőtt korban kialakuló tüdő mellett, átvándoroljon a tengerbe és közben — tehát folyamatos vízi életmód mellett — váljék kopoltyú nélküli, tüdővel légző tengerlakóvá. Sokkal inkább hisszük el, hogy valamelyik ősi hüllőág korai képviselői, szárazföldi életre alkalmazkodott valódi „hüllő"-szervezetek váltak másodlagosan — kétéltű szerveik elvesztése után — a vízi élethez messzemenően alkalmazkodott alakokká.

Vagy talán ez lehetetlen?

Dehogy! Pontosan ugyanazt az utat tették meg a cetek is. Szárazföldi, tüdővel légző emlősök szinte valamennyi alkalmazkodásának ellentmondva fejlődtek vízilakó szervezetűvé — természetesen a lehetőségek határain belül. A tüdőlégzés, az elevenszülés, a fiak, az újszülött tejjel való táplálása stb. megmaradt mint a vízi életmód „alkalmatlansága". De a halszerű alak, a még csontvázában is uszonnyá átalakult végtagok, a farok- és hátúszó kiképzése, vagy a légzőjáratok praktikus áthelyeződése, alkalmazkodás a nagy vízmélységekbe való lebukásra stb. — szinte feledtetni tudják az elveszett és vissza nem hozható képességek hiányát.

És mint harmadik rejtély, az *Ichthyosaurus*ok életmódjának egy több megfigyelésre alapított lehetősége nyomul előtérbe: a halgyíkok esetleges elevenszülő volta. Bármilyen furcsán is hangzik egy ilyen ősi állatcsoport képviselőiről, több megfigyelés alapján felvetődött annak a lehetősége, hogy ezek az állatok már eleveneket is szültek. Azt tapasztalták ugyanis, hogy egyes igen jó állapotú csontvázak hasüregének hátsó felében, a bordák közt igen fiatal utódok összefüggő vázrészei fekszenek. Kezdetben — ragadozóról lévén szó, melynek hasüregében rendszerint ott vannak a megemésztetlen táplálékmaradványok, csontok, fogak stb. — azt hitték, hogy kannibalizmussal állnak szemben vagy más halgyík-fajok kicsinyeit falták fel az állatok. Később azonban a kis állatok maradványainak épsége és elhelyezkedése alapján mindinkább hajlott a szakemberek véleménye az elevenszülés tényének az elfogadása felé.

És ha már elevenszülő, akkor miért nem lehetne állandó hőmérsékletű, melegvérű is?

Ez azonban már két igen különböző értékű dolog. Az elevenszülés nem feltétlenül bizonyít magas fejlődéstörténeti fokot. Nem egy cápafaj elevenszülő, nem beszélve arról, hogy igen primitív kétéltűek is bizonyos tekintetben elevenszülők, illetve „eleventojók", ami a kérdéses eset szempontjából egyre megy. A „melegvérűség" viszont minden esetben az egész szervezet funkciójának, anatómiai berendezkedésének, anyagcseréjének olyan magasrendű, bonyolult szövevényét követeli meg, amelyet az általános szervezettség — főleg az ideg-centralizáció — ilyen fokán még nem tételezhetünk fel.

Ha a halgyíkok általános jellemzését megadtuk, tulajdonképpen a részletkérdésekben már nem sokat mondhatunk. A középső triász alsó részétől a kréta végéig nyúló kb. 100—110 millió év alatt keveset változnak. A középső triászban jelennek meg, egész fejlődéstörténetük legváltozatosabb együttesével. A felső triászban már megritkulnak, az alsó-középső jurában pedig csupán néhány alakjuk él. A felső jurában újra változatosabb faunájuk jelenik meg, majd egy alsó krétakori viszonylagos virágzás után, a felső krétába átnyúló egyetlen nemzetségükkel a kréta végén eltűnnek a világtengerekből, amelyeket időről időre tömegesen elleptek.

Fejlődésükben egyrészt általános szempontok érvényesültek. Ebben a legrégibb alakoktól az utolsókig fokozatosan látjuk a tökéletes delfin-alakot kibontakozni, a páros végtagok bizonyos mértékű kisebbedésével és a farkúszó két lebenyének a megnagyobbodásával párhuzamosan. Ami viszont ennél lényegesebb, az a páros végtagok, különösen a mellső végtagpár anatómiai felépítésének alakulása, főleg azonban ennek két eltérő irányban mutatkozó specializálódása.

Az egyik csoporton *(Latipinnati)* ugyanis azt látjuk, hogy amíg a végtag lábközépcsontjai és ujjpercei 5—9 párhuzamos hosszanti sorba rendeződnek, addig a másik csoportban *(Longipinnati)* ezek 3—4 sorra olvadnak le, aminek következtében az első csoport halgyíkjain viszonylag rövid, de igen széles, lapátszerű végtagok, a másikban viszont keskeny, hosszú evezők jönnek létre. Az elsőben a középső triászkori primitív *Mixosaurus*t, az alsó jurában igen elterjedt *Eurypterygius*t és az utolsó halgyíkot, a kréta végén kihaló *Myopterygius*t említhetjük, a keskeny-evezősök közül pedig a jura két igen elterjedt nemzetségét, a *Stenopterygius*t és *Leptopterygius*t.

A halgyíkokat elhagyva, elsőnek nagyjából közelálló alakköröket találunk a négylábúak további csoportjaiban. Sőt, talán túlságosan is közelednek egymáshoz, mint azt az *Anthracosauria, Seymouriamorpha, Microsauria, Diadectomorpha, Procolophonia, Pareiasauria, Captorhinida* neveken összefoglalt, vagy még további kis csoportok alakjai mutatják.

Valamennyit egy sajátságuk köti össze egymással, és a kissé idegenül közéjük

illeszkedő teknősök (*Testudinata*) rendjével: a halántéknyílások hiánya, vagyis bizonyos tekintetben fejlődési kezdetlegességük. És mint minden, a fejlődés kezdetén álló, még csak elindulásban levő specializáció tagjaitól, nem is várható, hogy egymástól valóban már élesen el is különüljenek.

Két csoportjuk ennek ellenére — kétéltű-szerű kezdetlegességével — jobban elüt a többi csoporttól. Ezek az *Anthracosaurius*ok, amelyeket a régebbi rendszertan még gondolkodás nélkül a kétéltűekhez, a *Stegocephalus*okhoz sorolt. Külsejük miatt oda is illenek; csak több ízben említett koponyaalkatuk és csigolya-szerkezetük mutatja, hogy bár fejlődésük fokában egyeznek a *Stegocephalus*okkal, fejlődésük iránya nem ezekkel azonos, hanem a később fokról fokra jellegzetesebbé váló „hüllők"-ével, melyeknek előfutárai.

A másik csoport, a *Seymouriamorpha*, melyet legismertebb képviselője, az igen behatóan tanulmányozott alsó perm időszaki *Seymouria baylorensis* alapján mindig a legősibb hüllők képviselőjének tartottak, külsejében még bizony eléggé „kétéltű"-szerű, sőt legnagyobb részük (*Discosauriscus*, *Letoverpeton*, *Diplovertebron*) még biztosan „kétéltű" lárvákkal szaporodott. Ezek a karbonkori alakok még kizárólag kétcsigolya-testű csigolyákat viseltek, míg az alsó perm *Seymouria*jának gastrocentrális, tehát fejlettebb csigolyái mellett még ikercsigolyák is vannak a gerincoszlopában — beszédesen bizonyítva az embolomer csigolyák gastrocentrális típusba való fokozatos átmenetét.

A többi — kisebb, — felső karbon-permkori csoport számos képviselőjét itt külön nem is említve, a Föld ókorának talán legjellegzetesebb szárazföldi ősgerinceseit, a *Pareiasaurius*okat kell itt közelebbről megvizsgálnunk. Ezek a legnagyobb képviselőikben ökörnagyságot elérő, csak kétszer olyan széles, roppant nehézcsontú, súlyosan páncélozott bőrű, bizarr külsejű alakok valóságos nyájakban népesítették be Dél-Afrika vagy Kelet-Ororszország permkori vidékeit. Végtelen lassúsággal mozgó sziklákra hasonlíthattak ezek az ősvilági szörnyek. Kinövésekkel, szarvakkal, bütykökkel éktelenített nehézkes fejük, ormótlan végtagjaik bizony ijesztően hatnak, ha összehasonlítjuk őket a mai idők finomcsontú, villámgyors mozgású állatainak csontvázával. Úgy hatnak egymás mellett, mint egy középkori vár több méteres, sziklákból összehordott falai a modern acélváz-üveg épületköltemények csipkefinomsága mellett. A *Pareiasaurus*, a *Scutosaurus* és mások mindmegannyi beszédes tanúi az akkori idők nehézkes, lassú, védettségre, páncélozottságra berendezkedett világának.

Ebből a világból nőttek ki méltó utódokként a teknősök (*Testudinata*). Mikor ezt mondjuk, nem a villámgyorsan úszkáló vízi teknősökre, hanem a nehézkesen, minden lépés után hosszú „gondolkodási" szünetet tartó szárazföldi teknősökre gondolunk. Ők a *Pareiasaurus*ok méltó utódai.

Még mindig nem tudunk határozott választ adni arra a kérdésre, hogy honnan erednek. Századunk tízes éveiben ugyan elterjedt egy vélemény, amely szerint a teknősök közvetlen őseit a dél-afrikai középső permből leírt *Eunotosaurus*ban kell látnunk, ezt azonban aligha fogadhatjuk el.

Az *Eunotosaurus* legfeltűnőbb tulajdonsága: tojásforma testüregét védő, igen elszélesedett bordáinak alakja. Ez adta a kutatók nagy részének azt az ötletet, hogy teknőseinket erre az alakra vezessék vissza.

Ha jobban megnézzük a teknős-csontváz, főleg pedig a páncél felépítését, rá kell jönnünk, hogy aligha lehet őket az *Eunotosaurus*szal közelebbi kapcsolatba hozni. Míg ugyanis az utóbbinak a bordái szélesednek el, addig a teknősök bordáin nyoma sincs semmiféle elszélesedésnek, ezzel szemben a testet fedő bőrcsontpáncélzat megfelelő lemezei nőnek össze a csigolyák tövisnyúlványainak csúcsával, bordákkal, mellcsonttal stb. A törzset mozgató izomzat visszafejlődésével a páncélzat csontlemezei köz-

vetlen kapcsolatba kerültek a csigolyák-bordák-mellcsontok megfelelő részeivel, és természetesen összenőttek. Ezzel egyben érintettük a teknősök egyik, külsőleg mindenesetre legszembetűnőbb jellegét.

Az egymással nem szilárd kapcsolatban álló háti-hasi páncél mellett a teknősök másik igen jellemző vonása az orrnyílások egyesülése a koponya elülső végén egységes orrnyílássá és az a tény, hogy a legősibb, sőt néhány mai alakon is fennmaradt egységes koponyatokot nem halánték-nyílások nyitják meg, hanem hátulról, vagy alulról kiinduló beöblösödések, melyek sok esetben középúton találkozva egyesülnek. A fogazat hiánya csak a későbbi teknősök igen jellemző sajátsága; a triászkori alakoknak még nagyszámú apró fogból álló fogazata van állkapcson és szájpadláson.

A teknősökkel kapcsolatban van először alkalmunk a „hüllő" fokozat egy igen jelentős vívmányáról beszélni. Talán ez a legjelentősebb a szárazföld végleges meghódításának érdekében. A teknősök ugyanis *nem petékkel szaporodnak, hanem tojásokat tojnak.*

Mi a kettő közt a különbség — kérdi az olvasó?

Óriási! Míg a kétéltű nőstényе petéit lerakja — mindegy, hogy vízbe vagy nedves növényzetre —, és a hím a lerakott petéket spermájával a vízben vagy a szabad levegőn megtermékenyíti, addig a teknős, mint akármelyik más hüllő vagy madár, párzószerve segítségével a nőstény testébe képes bevezetni a spermát, amely itt termékenyíti meg a petéket (belső megtermékenyítés). Ezek pedig — miközben az embrionális fejlődés el is indulhat — még a petevezetékben megfelelő védőburkot kapnak, és csak ekkor tojja le a nőstény a megtermékenyített, már gyakorlatilag embrionális fejlődésnek indult petét — vagyis a tojást.

Míg tehát a lerakott és a testen kívül, a szabadban megtermékenyített pete vízi közeget kíván meg, vagy legalábbis olyan nedves környezetet, amelyben továbbra sem szárad ki, addig a belső megtermékenyítés után megfelelő védőhéjjal letojt tojásban az embrió bármilyen száraz környezetben kifejlődik. A megtermékenyítés és embrionális fejlődés tehát függetlenítve van a vízi környezettől. És ezzel *először vált gerinces állat a víztől függetlenné.* Ez tette lehetővé, hogy a szárazföldet végképp meghódítsa, mert a kétéltű csak kirándult a szárazföldre, hiszen ha más nem, de a szaporodás újra meg újra visszakényszerítette a vízbe.

A teknősök minden valószínűség szerint fokozódó kibontakozásban levő, csúcspontjukat még talán el sem ért rendje a „hüllők"-nek. Erre utal mai képviselőik nagy formagazdagsága, mely egyik-másik csoportjukban messze maga mögött hagyja a földtörténeti múltbelieket. Tudjuk, hogy három életteret hódítottak meg maguknak. Egy részük száraz, szinte sivatagos, sziklás, gyér füves mediterrán környezetben él; a másik a mocsárvilág lakója; a harmadik viszont a nyílt tengerben talált otthont. Szaporodásuk időszakában azonban ezek is kivándorolnak a szigetek homokos parti sávjába — tojáslerakásra. Ez a háromféle élettér messzemenően befolyásolta egész anatómiai felépítésük kibontakozását, ami megint csak oda vezetett, hogy rendszerezésükhöz bonctani jellegeik külső hasonlósága nem elég biztos támpont. Így tehát itt is ideiglenes rendszerekkel kell megelégednünk, míg a valódi fejlődéstörténeti kapcsolatokat visszatükröző jellegek ismeretében nem korszerűsíthetjük osztályozásukat.

Eszerint általában három csoportra különítjük őket: a nyakukat a pajzs alá behúzni tudó ún. *Cryptodira*, a fejüket-nyakukat oldalt a páncél pereme alá behúzó *Pleurodira* és a szarupáncél helyett puha bőrrel fedett páncélú alakok *(Trionychia)* alrendjeire.

A *Cryptodira* alrendbe sorolják a még fogakkal felfegyverzett triászkori — legősibb ismert — alakokat, mint a *Triassochelys dux* vagy *Proganochelys quenstedti*. Ide soroljuk a szárazföldi, mocsári-állóvízi és tengeri teknősök nagy részét a triásztól

máig, köztük az Al-Dunáig felhúzódó növényevő görög teknőst (*Testudo graeca*), vagy a mocsarainkban még elég gyakori mocsári teknőst (*Emys orbicularis*).

A *Pleurodira* alrend tagjai is mindhárom élettér lakói. Ezeket az említetteken kívül az alulról fölfelé-hátrafelé „megnyíló" koponyatető is jellemzi. A *Cryptodira* teknősökkel egy időben, már a triászban megjelennek; virágkorukon határozottan túljutott, ma inkább trópusi csoport. Képviselőik közül a jurakori *Plesiochelys* és *Thalassemys*, a pleisztocénben kihalt *Miolania* (szarvas-teknős) vagy élő *Pelomedusa* mellett az erdélyi kréta *Kallokibotiumát* említjük itt, mely utóbbit a magyar paleontológia világviszonylatban legjobban ismert kiválósága, *Nopcsa* Ferenc írta le.

A harmadik alrend, a *Trionychia* kizárólag mocsári-csendesvízi formákat foglal magába. Ez a csoport is teljes virágjában van, bár ma csak a trópusi-szubtrópusi meleg vizekben él. Hazánk harmadkori rétegeiben nem egy helyről ismerjük páncélmaradványaikat, elsősorban eocén- és miocén időszaki barna kőszén-telepeinket létrehozó erdős-mocsaras képződményekben. Általánosan ismert és nagy elterjedésű alakjai az eocén óta élt *Trionyx* nemzetség fajai.

A teknősök, bár kétségtelenül sok specializációs jelleget is mutatnak, alapvető vonásaikban egy igen ősi, virágkorát a Föld ókorának végén, a permben élt fejlődésság kései konzervatív utódai, utolsó mohikánjai. Erre utal a triász óta gyakorlatilag megmerevedett fejlődésük, amely a harmadkor eleje óta egyetlen új típust sem hozott már létre. Jelenkori virágzásuk azonban beszédes bizonyítéka a kialakult, kiegyensúlyozott csoportok szívósságának, szemben a kirobbanó rohanó fejlődésű csoportok hirtelen eltűnésével. Erről éppen a következő fejezet tanúskodik a legjobban.

A Föld ősvilági urai

A Föld ősvilági urainak, a *Dinosaurius*oknak az eredetét nem ismerjük. Ezeket valahol az áttörés nélküli koponyatetős ősi alakok közt fogjuk majd megtalálni. Pillanatnyilag a *Diadectomorphák* és *Captorhinidia* közt keresik azokat az előbb alsó majd később felső halánték-nyílást is mutató formákat, amelyekből a két-halántéknyílásos alakok nagy törzse kisarjadzott, melyeket a modern rendszertan *Sauromorpha* néven foglal össze.

A legősibb két-halántéknyílásos alakok az *Eosuchia*-rend tagjai, pl. a *Youngina*, a *Broomia*, a *Palaeoagama* és más nemzetségek. Valamennyit jellemzi — a kettős halántéknyíláson túlmenően — a gyíkszerű, megnyúlt test, karcsú végtagok, finom alkotású koponya. Megannyi olyan vonás, amilyeneket az ősi *Reptiliomorpha* törzs tagjain sehol sem tapasztalhattunk. Ezzel a külsővel ez a fiatal, permkori társaság igen lényeges lépést tett előre a fejlődésben.

Az *Eosuchius*ok, mint minden átmeneti csoport, amely csak közbenső lépcsője egy nagyjából ismert fejlődési vonalnak, nehezen elhatárolható. És különösen nehezen határolható el a fiatalabb csoportok felé, melyeknek egyik-másik ősi alakja nem egy az *Eosuchia* rendbe sorolt alakhoz áll közel. Itt a rendek elhatárolása nem fejlődéstörténeti, hanem inkább a fejlettségi fok alapján történik, vagyis mesterséges.

Ebből a rendből — az *Eosuchiá*ból — kell közvetlenül leágaztatnunk a hüllők egy fejlődéstörténetileg nem nagy jelentőségű, a mai faunában elfoglalt szerepük miatt azonban fokozott figyelmet érdemlő ágát, a hidasgyíkok-gyíkok-kígyók fejlődésivonalait összefoglaló *Squamata* (pikkelyesek) rendet.

E rendet három elég természetes alrendre bonthatjuk fel: a hídasgyíkok, a gyíkok és a kígyók alrendjeire.

A hídasgyíkok eredete a legnagyobb valószínűséggel az *Eosuchia* rend *Palaeoagamidae* családjának valamelyik permkori képviselőjére vezethető vissza. Kettőshalánték-nyílású, többé-kevésbé gyík alakú, kisebb, viszonylag rövid, egyenlő mellső és hátsó végtagú formák. Jelentőségük a tudomány számára elég különös: akárcsak a bojtosúszósok, ezek is a földtörténet régi, 80—100 millió év előtti időszakában, a jura folyamán szinte teljesen kihalt ősi csoportot képviselnek, igen korai, de rögtön le is állott specializálódással. A csoport egyetlen faja — teljes primitívségében — a mai napig megmaradt. Ez a hidasgyíkok esetében a *Sphenodon* nemzetség, Új-Zéland egyik „élő kövület"-e, az ősvilágból visszamaradt fejlődéstörténeti tanúja.

Hidasgyíkunk triászban és részben jurában élt rokonai általában szárazföldi, gyíkszerű életmódot folytató formák (*Mesosuchus*, *Rhynchosaurus*, *Hyperodapedon*), vagy krokodilus-szerűen megnyúlt arcú, tengeri-édesvízi életre átalakult, a felső krétáig felnyúló alakok (*Champsosaurus*) voltak.

A hidasgyíkok mellett sokkal fontosabbak (mai elterjedésük miatt) a másik két alrend képviselői: a gyíkok és a kígyók.

A gyíkok (*Lacertilia*) legősibb képviselőikben (*Prolacerta*, *Thalattosaurus*; ez utóbbi tengeri életmódot folytatott a triász elején) még kettős halántéknyílású formák. A későbbi alakok azonban már csak felső halántéknyílást viselnek, amennyiben az alsó halántéknyílás alsó peremét szolgáltató járomcsont hátsó szára visszafejlődik, s a koponya hátsó oldalsó szögletét képező csont, a négyszögcsont (*quadratum*) kitámasztás nélkül marad, így csuklósan mozgékonnyá válik. Ennek viszont az a következménye, hogy a négyszögcsonthoz ízesülő alsó állkapocs így sokkal nagyobb nyitási lehetőséget kap. Ez szélsőséges formában a kígyókon figyelhető meg. Tudvalevőleg ezek szájüregének ilyen „tágítása" az állat keresztmetszetét kétszeresen meghaladó méretű prédaállat lenyelését is lehetővé teszi.

A tulajdonképpeni gyíkok maguk igen változatos társaságot alkotnak. Itt most nem is a Föld valamennyi — nem sarkvidéki — szárazulatát benépesítő ezernyi kisebb-nagyobb, mai értelemben vett gyíkra gondolunk, hanem elsősorban a felső krétában „előd nélkül" felbukkanó — és a kréta végén éppoly hirtelen eltűnő — *Mosasaurus*okra vagy *Pythonomorphá*kra. Ezek a 10 m-t is megközelítő méretű hatalmas állatok teljesen a tengeri élethez alkalmazkodtak korábbi, eddig felderítetlen történetük folyamán. Testük hosszú, megnyúlt. Fejük ugyancsak nyújtott, végtagjaik pedig tökéletes evezőkké alakultak át. Farkukon az úszáshoz alkalmas felső-alsó uszonytámasztó nyúlványok nőttek.

Ha általános alakjukat, alkalmazkodásuk formáját néznénk, eszünkbe se jutna ezeket a semmiképpen sem gyíkokra emlékeztető alakokat ide besorolni. Koponyájuk egész alkata, négyszögcsontjuk fellazulása, csigolyáik felépítése és sok más fontos részlet azonban kétségtelenné teszi, hogy a ma is még óriás formákat is tartalmazó *Varanus*gyík-csoport rokonairól van itt szó, melyek az új életmódhoz oly sikeresen alkalmazkodtak, hogy teljesen „kivetkőztek" eredeti gyíkmivoltukból.

Ma már vagy másféltucat *Mosasaurius* nemzetséget ismerünk, főleg Észak-Amerika, de nem sokkal ritkábban Európa vagy Afrika felső krétabeli rétegeiből. Talán elég lesz ezek közül a névadó *Mosasaurus* (30. ábra) nemzetségen kívül a *Clidastes*, *Platecarpus* és *Tylosaurus* nemek neveit említenünk, melyek a leggyakrabban szerepelnek leletekben és leírásokban.

Inkább csak a teljesség kedvéért említjük meg, hogy a *Mosasaurus*ok mellett még ismerünk néhány kisebb, szintén a gyíkok körébe tartozó krétakori csoportot, amilyen pl. az *Aigialosauridák*, a *Mesoleptidák* és a *Dolichosauridák* családjai. Kisebb, megnyúlt testű, gyenge végtagú, jórészt tengeri alakokat ölelnek fel, mint a dalmáciai *Aigialosaurus* és *Eidolosaurus*.

A többi gyíkféle alak — néhány kréta-eocén forma kivételével — minden nehézség nélkül beosztható a ma is élő nagy gyíkcsaládok egyikébe-másikába.

Legrégebbre, a felső jurába vezetnek vissza a jólismert *Geckonidae* család képviselői (*Ardeosaurus*), míg napjainkban a trópusok és szubtrópusok minden zugában ott találjuk őket. Tapadókorongos lábaikkal falakon, mennyezeten futkosnak és kapkodják a rovarokat.

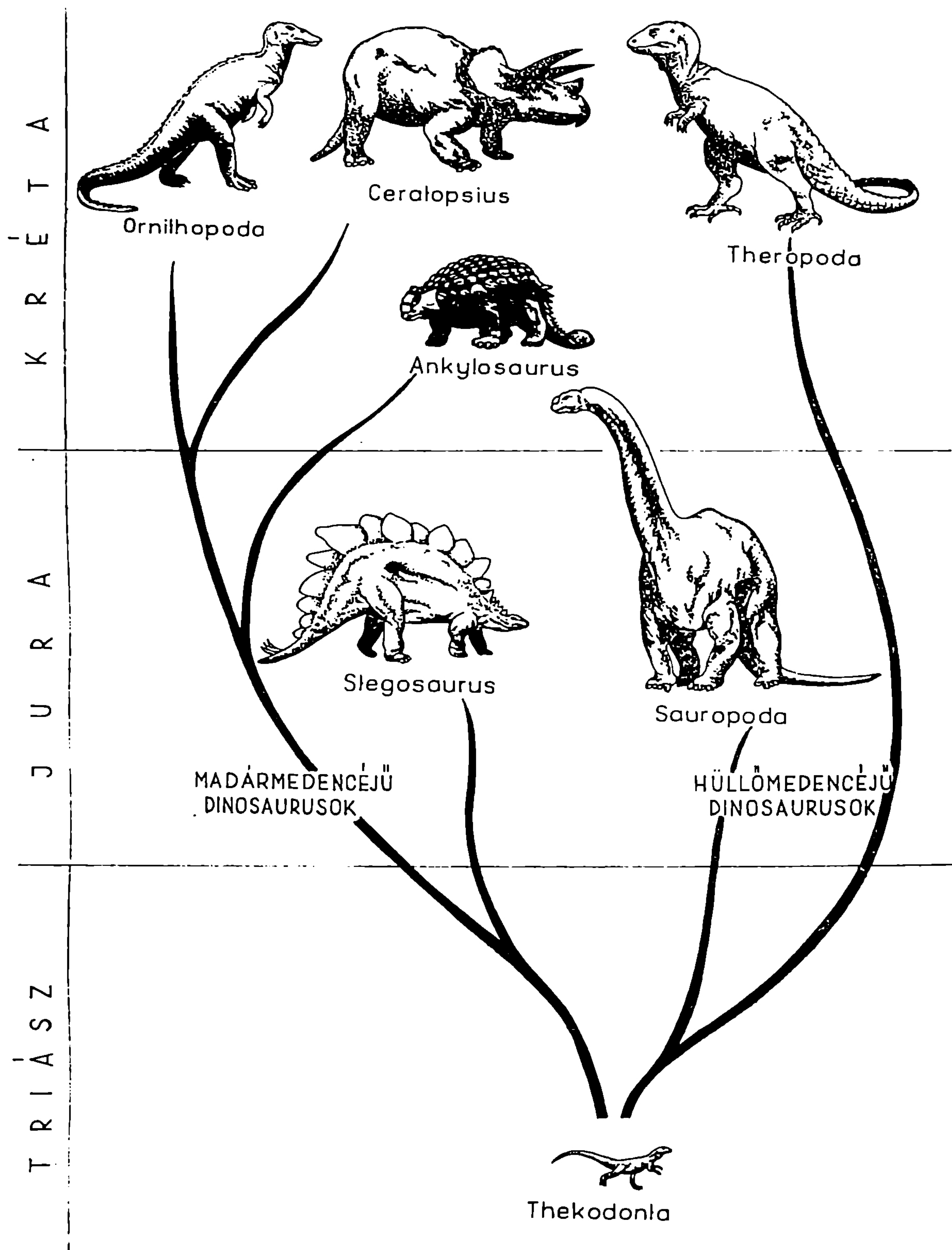
A krétától kezdve pedig már ott vannak az agámák, leguánok, kaméleonok és sok más gyíkcsalád tagjai. Megtaláljuk köztük a varánuszok korai képviselőit, vagy első



30. A krétakori Mosasaurus, *a gyíkok tengeri életmódhoz alkalmazkodott oldalágának életkép-rekonstrukciója*

valódi gyíkjainkat. Az előbbiek pliocénkori és alsó jégkori európai alakjai nálunk sem hiányoztak (Polgárdi, Villány, Csarnóta), 5 m-t meghaladó óriásukat pedig Dél-Ausztráliából írták le fiatal jégkorszaki rétegekből. A varánusz csoportnak az indonéziai Komodó-szigeten egy 4 m-t is elérő óriása, a komodó-gyík él.

A kígyók *(Ophidia)* mai ismereteink szerint az alsó krétában jelennek meg. Jugoszláviából és Egyiptomból ismerjük legrégibb maradványaikat. Ezek a kígyók azonban már alig különböznek mai utódaiktól. Csak még megnyúlt alakúak a nyakcsigolyáik és rövid a farkuk, szemben a későbbi kígyók csigolyáinak uniformizálódá-



31. A dinoszauruszok fő csoportjainak fejlődéstörténeti összefüggése

sával és farkuk megnyúlásával. Talán említésre méltó, hogy a két legrégibb kígyó nemzetséget *(Pachyophis, Mesophis)* két magyar kutató, *Nopcsa* Ferenc és *Bolkay* István írta le.

Az újabb kígyók azután szorosan beleillenek abba a keretbe, amelyet a kígyók — különösen melegebb éghajlatok alatt — közismert változatossága sokkal jobban érzékeltet. Az *Anakonda* pl. meghaladja a 8 m hosszúságot. De említsük meg a számtalan *Colubrida* nemzetséget, ahova a mi siklóink tartoznak, valamint a többi nem méregfogas kígyócsaládokat, vagy a méregfogas *Viperidá*kat, és a rettegett trópusi *Crotalidá*kat.

Láthattuk, hogy a kígyók maradványai — akárcsak sok más magasan specializálódott állatcsoport — úgyszólván végleges formában, a specializáció befejezte után kerülnek a szemünk elé. Ezzel roppantul megnehezedik a kutató helyzete, mert az így elszigeteltté váló állatcsoport eredeti rokonsági viszonyait csak nehéz munkával, a specializálódásban részt nem vett jellegek vizsgálatával tisztázhatja, ha ilyen jellegeket egyáltalában sikerül találnia.

A fenti kitérés után visszakanyarodunk a másik „gyűjtő" csoportra, a *Thecodontia* néven összefoglalt ősi hüllők (31. ábra) rendjére. Az *Eosuchiá*tól elsősorban a szemgödör előtti koponyanyílás-pár különbözteti meg őket, de fogazatuk korszerűbb elhelyezkedésében (ránőtt fogak helyett fogmedri árokban sorakozó fogak) is az ősi típus továbbfejlődését jelentik. Az *Eosuchiá*nak feltétlenül erőteljesebb testalkata, rendszerint bonyolult, nemegyszer tüskés páncélja is a sokoldalú differenciálódás és új fejlődést elindító specializációs irányok jele. A *Desmatosuchus*, az igen régen ismert *Aetosaurus*, az *Ornithosuchus*, *Euparkeria* és *Scleromochlus*, melyeket *Pseudosuchia* néven foglalnak össze, valamint a krokodilusokra megtévesztésig emlékeztető *Parasuchia* alrend képviselői *(Mystriosuchus, Machaeroprosopus* és mások) valamennyien ezt a sokirányú specializálódást tárják elénk.

Ez a triászban már megmutatkozott „szétágazás" a jura folyamán teljességében kibontakozott, de a kréta végére le is zárult. A kréta-paleocén határt már csak az egyetlen igen konzervatív ág, a krokodilusok lépték át, hogy jelentéktelenül kis fajszámú, fejlődésében megállott csoportként jussanak át a mába — és talán a holnapba is.

Három nagy ágát különböztetjük meg ennek a fejlődésnek. Az egyik a *Saurischia*, a másik az *Ornithischia*, a harmadik pedig a már említett krokodilusok *(Crocodilia)* rendje.

A két első csoportot hosszú ideig *Dinosauria* néven egy rendszertani egységbe foglalták. Ezek képviselték a hüllő-fejlődés csúcsát: a két csoport közt elosztott, egyik-másik esetben a 20—30 m-es testméretet elérő szárazföldi állatóriásokat.

Újabban mindinkább nyilvánvalóvá válik, hogy a dinosaurusok igen változatos, szinte az életlehetőségek valamennyi árnyalatát valamilyen alkalmazkodási formában egy-egy csoport révén meghódító rendje — nem egységes eredetű.

Már a nyolcvanas években észrevették, hogy a dinoszauruszok egyik részének medencecsontja a csigolyákhoz kapcsolódó felső, vízszintes lemeze mellett egy lefelé-előre, és egy másik, lefelé-hátrafelé irányuló ága van *(Saurischia)*. Ezzel szemben a másik csoportban a lefelé-előre forduló ág (a *pubis)* hátra fordul a hátsó ág mellé, amivel a madarak ma is ismert medenceszerkezetét vette fel (innen ered a neve is: *Ornithischia*=madár-medencéjűek).

A medencecsontok kialakulásában mutatkozó, látszólag nem jelentős eltérés azért különösen fontos, mert a madármedencéjű alakok a dinoszaurusz-fejlődés kezdetétől fogva külön vonalon futottak, szinte a *Saurischia*-alakok megjelenése előtti felső triász időktől kezdve.

A *Saurischia*-ág első, a triász felső részébe tehető megjelenésétől kezdve két vonalat képvisel. Ezek specializációs irányai jelentősen különböző voltuk következtében egymástól gyorsan távolodnak és jól elkülöníthetők. A két vonal közül az egyiket a *Coelurosauria*, a másikat a *Pachypodosauria* alrendben csoportosítjuk.

A *Coelurosauria*-ág tagjai könnyűcsontú, karcsú állatok. Ez kimondottan alkalmassá teszi őket arra az alkalmazkodásra, amelynek végpontját a strucc-szerű, „madárlábú" *Struthiomimus* (32. ábra), vagy *Ornithomimus* nemzetségek képviselnek.

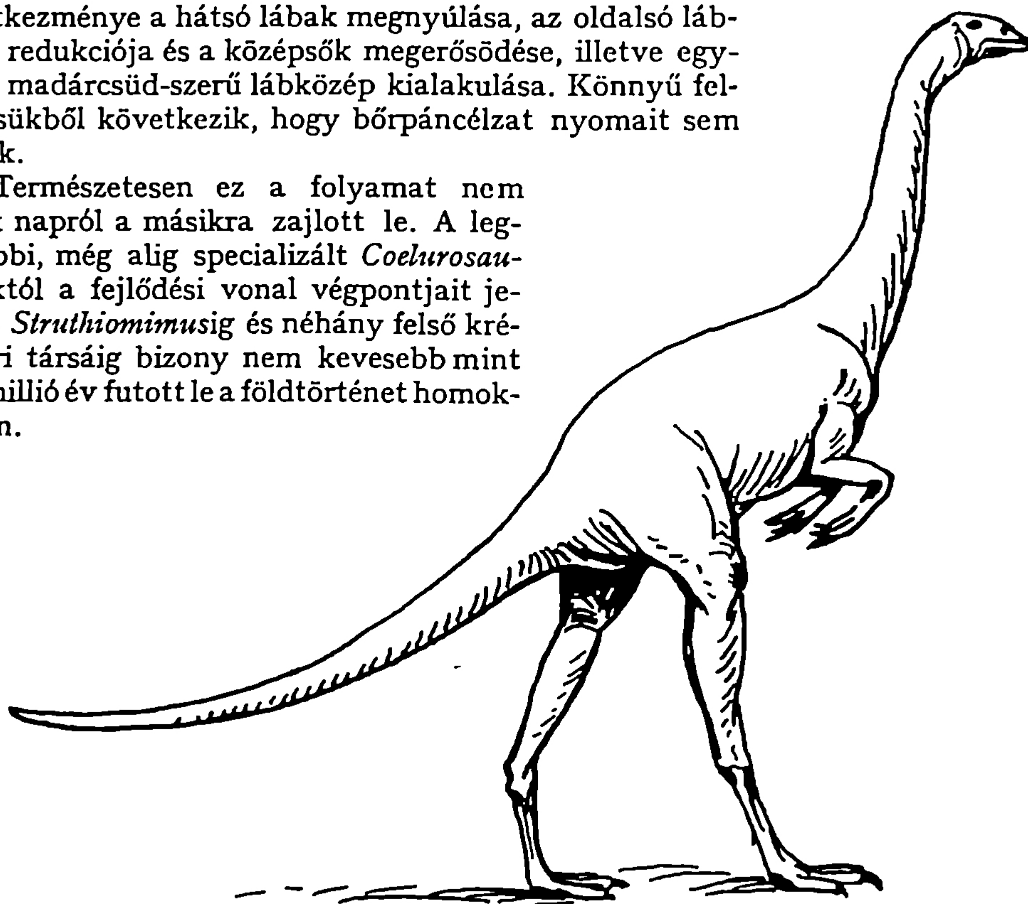
Miből is áll ez a specializáció?

Elsősorban a fej válik feltűnően kicsivé, legalábbis a nemzetségek egy részében. Ezzel egyidőben a fogazat redukálódik, sőt el is tűnik; párhuzamosan megrövidül a törzs elülső része. Pontosabban: a gerincen a mellső lábak támasztóíve (lapockaív) hátratolódik, miáltal a törzs megrövidül és zömökebbé válik. Ugyanekkor természetesen a nyak — a lapockák hátratolódása következtében — sokkal több csigolyából áll, vagyis tetemesen megnyúlik. A megrövidült törzs visszafejlődött elülső részén pedig a mellső végtagok feltűnően megkisebbednek, valósággal elcsenevészednek.

Mármost mi ennek a következménye?

A test nem redukált hátsó része, a hatalmas farokrésszel együtt olyan aránytalanná válik a visszafejlődött elülső résszel szemben, hogy végül a test elülső része, amellyel a hátsórész és a farok nagyjából egyensúlyba kerül — felemelkedik: *az állat két lábra áll.* Ez úgy képzelhető el, mint a kenguru esetében, vagyis hogy az állat két hátsó lábára és hatalmas, izmos farkára támaszkodik. Ennek további természetes következménye a hátsó lábak megnyúlása, az oldalsó lábujjak redukciója és a középsők megerősödése, illetve egységes madárcsüd-szerű lábközép kialakulása. Könnyű felépítésükből következik, hogy bőrpáncélzat nyomait sem viselik.

Természetesen ez a folyamat nem egyik napról a másikra zajlott le. A legkorábbi, még alig specializált *Coelurosaurus*októl a fejlődési vonal végpontjait jelentő *Struthiomimus*ig és néhány felső krétakori társáig bizony nem kevesebb mint 100 millió év futott le a földtörténet homokóráján.



32. A kétlábon futó krétakori Struthiomimus *dinoszaurusz rekonstrukciója*

Vajon mi hozta létre ezt a különleges alkalmazkodású csoportot?

Valamennyien könnyűlábú ragadozók voltak, amelyek futva érték el prédájukat. Fejlődéstörténetük alatt folyamatosan kisebbedő fejük, visszafejlődő elülső részük, elcsökevényesedő fogazatuk mindenesetre arra enged következtetni, hogy zsákmányuk sokkal inkább került ki a növényzettel gyéren fedett, homokos síkokon és halomvidékeken mászkáló apró hüllők, rovarok közül, mintsem környezetük hatalmasan páncélozott növényevői vagy éppenséggel félelmetes ragadozó *Dinosaurus*ai közül. Teljesen strucc formájú, fogatlan alakjaik pedig nem is lehettek mások, mint kizárólagos apróállatevők, vagy mint egyesekről — mégpedig jogosan — feltételezik: a nagy sauriusok tojásainak elrablására specializálódtak. Csak egyetlen családjuk, a fején szarvszerű nyúlványokat viselő *Ceratosaurus*-félék csoportja tartotta meg erőteljes fogazatát nagyméretű koponyájában és vált rokonaitól eltérően valódi ragadozóvá. E jurakori alakok fejlődése azonban nem nyúlt át a krétába.

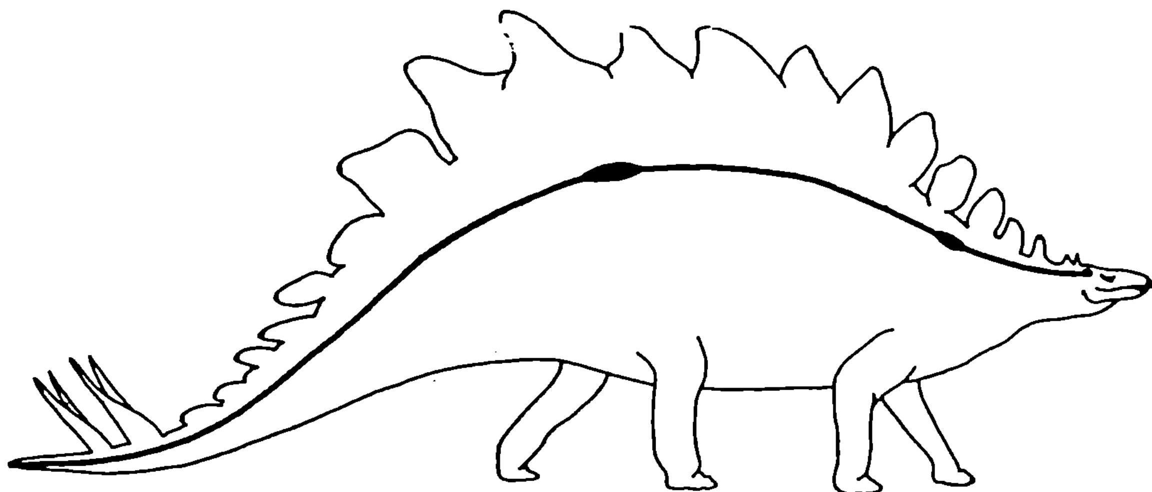
Maguk a valódi *Coelurosaurus*ok a felső triásztól a felső krétáig éltek tucatnyi család számos nemzetségében, miközben az észak-amerikai felső triászkori *Ammosaurus*tól, a németországi *Dolichosuchus*tól számos többé-kevésbé specializált jurakori európai, észak-amerikai, ázsiai nemzetségen *(Compsognathus, Podokesaurus)* keresztül érkeztek el a már említett strucc-szabású, karcsúlábú felső krétakori végalakokhoz.

A *Saurischia* másik ága, a nehézkes testű *Pachypodosaurius*ok rögtön első megjelenésüktől kezdve két nagy fejlődési vonalban haladnak krétavégi kihalásuk felé. Külsejük és felépítésük sokban hasonlít a *Coelurosaurus*okéhoz, csakhogy kezdettől fogva nehézkes alkatú, nagy fejű, ragadozó alakok ezek. Egyébként, mint az előbbiek, ezek is kétlábon járó *(biped)* alakokkal kezdődnek, melyek az egyik csoportjukban, a ragadozó *Carnosaurus*-félékben meg is maradnak ilyeneknek, míg az utóbbiak a *Sauropoda*-fejlődésben másodlagosan újra négylábra ereszkednek a legnagyobb, teljesen növényevő alakokban.

A ragadozó *Carnosaurus*ok szintén a felső triásztól találhatók és a kréta végéig élnek. Két lábon járó, tehát visszafejlődött mellső végtagú és viszonylag rövid nyak mellett nagy fejű, erős fogazatú formákat sorolnak ide, mint az európai jurából a múlt század eleje óta ismert *Megalosaurus*, az észak-amerikai *Allosaurus*, az ugyancsak észak-amerikai felső krétából leírt és igen részletesen ismert hatalmas, 8 m-t meghaladó testhossz mellett 5 m-nél magasabb *Tyrannosaurus* és az ennél is jóval nagyobb, 12 m-t is meghaladó testhosszú afrikai alsó krétabeli *Baharijasaurus* és *Spinosaurus*. Ezek a máig ismert *legmagasabb ragadozó szárazföldi állatok*.

A másik ág, a *Sauropodák* csoportja, kezdetben kicsi és középnagy, a *Carnosaurius*okra emlékeztető, viszonylag kis fejű, hosszúnyakú, de nem ragadozó-fogazatú, inkább két lábon járó alakokat foglalt magában. A jurában és a krétában ez a fejlődés az előbbi jellegek fokozásával, a négylábra ereszkedés mellett óriási méretű alakokhoz vezetett, melyek a kréta végével — mint a többi *Dinosaurus*-csoport — kivétel nélkül kipusztultak.

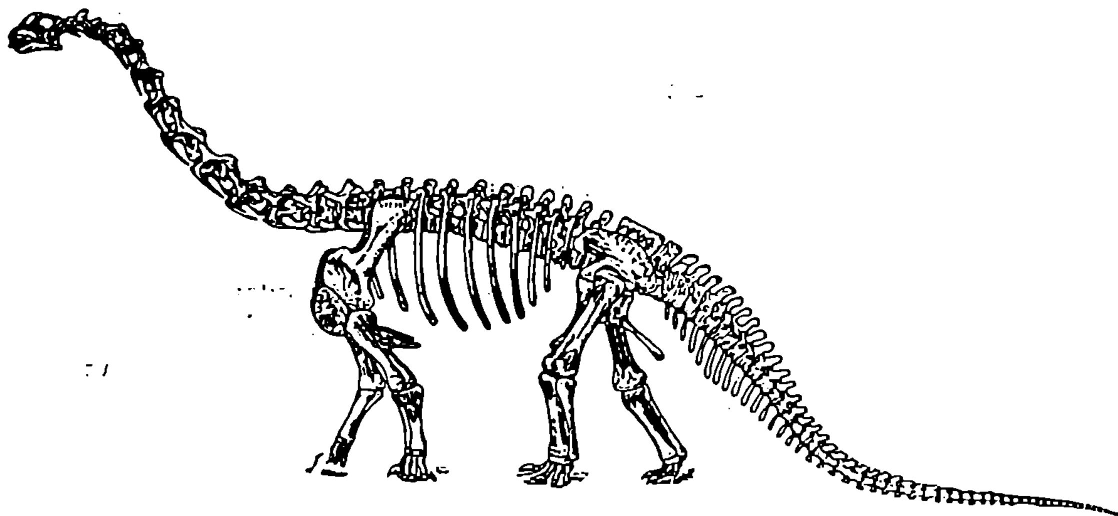
A nyugat-európai felső triászkori *Plateosaurus* még viszonylag könnyű mozgású, két lábra emelkedve járó, *Carnosaurus*okra emlékeztető *Sauropoda*. Ezzel szemben a jura-krétabeli óriás alakok, mint a *Cetiosaurus*, a *Helopus*, a *Brachiosaurus*, (33. ábra) az *Apatosaurus*, a *Brontosaurus*, a *Diplodocus* vagy mások (34. ábra) egytől egyig hatalmas testű, négy, elefántszerű oszloplábon járó, hosszúfarkú, hosszúnyakú, kisfejű növényevők; egy részük eléri a 20—25 m testhosszúságot, amivel az eddig megismert *legnagyobb szárazföldi állatok* jelzőt érdemlik ki. A leghatalmasabb fajok nem a kréta végén élnek, hanem inkább a kréta elején. A kréta végét már csak „kisebb" óriások érték meg.



33. A dinoszaurusz-agyvelő aránya a gerincvelőével (Stegosaurus)*; jellemző a medencetájék gerincvelői szakaszának az agyvelőt messze meghaladó mérete*

Sok szó esett ezeknek a szinte elképzelhetetlen méretű és testtömegű állatoknak az életmódjáról. Hogyan élhettek, mozoghattak ilyen iszonyatos testtel a szárazföldön? Hiszen a mai állatvilág legnagyobb alakjai, a 20—30 m-t elérő cetek is csak vízben tudják roppant nagy testtömegüket fenntartani és mozgatni.

Éppen a mai legnagyobb állatok vízi életmódja adta azt a gondolatot, hogy a mezozóikum állatóriásairól is feltételezzük: tulajdonképpen vízben alámerülve éltek, a vízfenékről „legelték" a vízi növényzetet, és hosszú nyakukat a vízből ki-kiemelve lélegeztek (35. ábra). Természetesen ez sok mindent megmagyarázna, de nehezen bizonyítható. Az, hogy a kőzet, amelyben maradványaikat találjuk, inkább vízi összehordás, mint szárazföldi akkumuláció eredménye, — még nem jelenti szükségképpen, hogy az állatok vízben éltek. Az a tény, hogy csontvázuk valamennyi olyan eleme, amely úszás esetén a vízbe merül — tömör, a vízből kiállók viszont könnyű, lemez- és sínszerű felépítésűek, feltétlenül arra enged következtetni, hogy a vízből kiálló részek

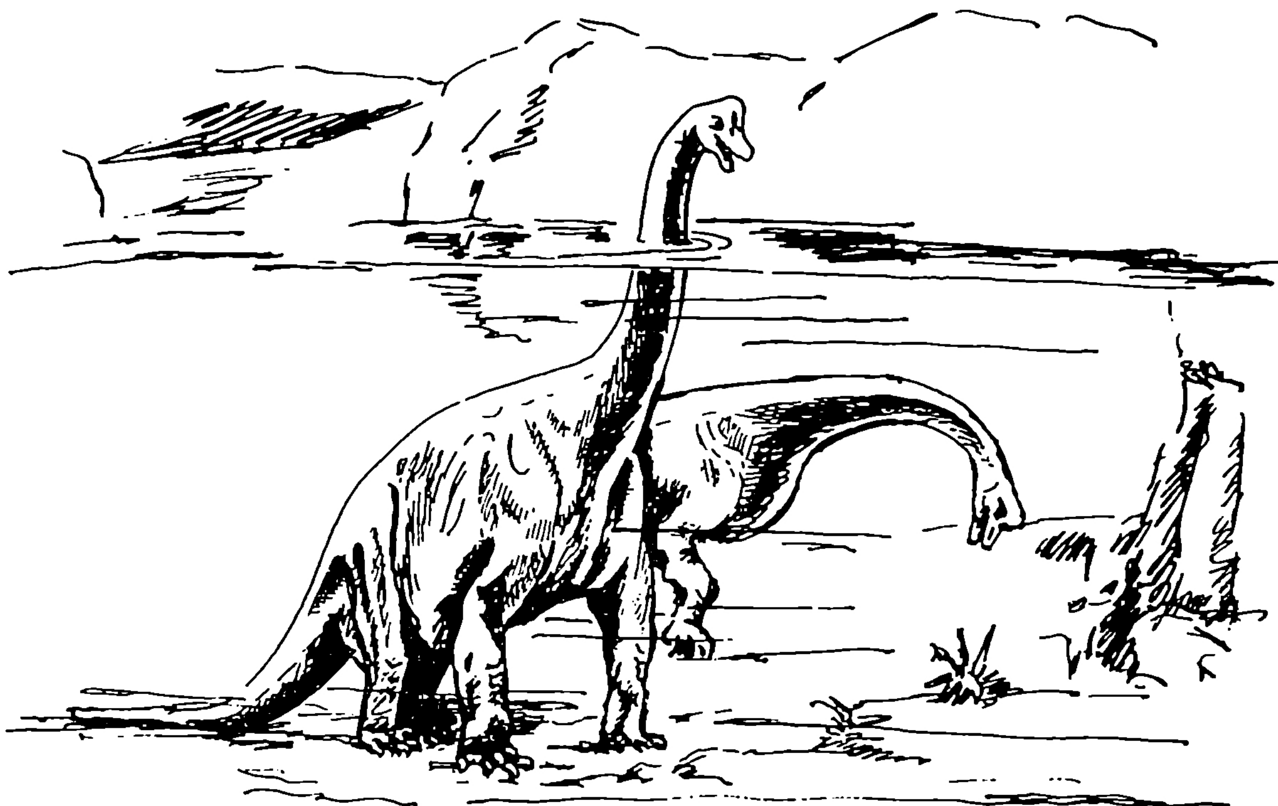


34. A jurakori Camarosaurus *dinoszaurusz csontváza*

súlycsökkentését szolgálta. A széles oszloplábak is szólhatnak a vízfenék puha iszapjában való elsüllyedés elleni berendezkedés mellett, bár a szárazföldön is ilyen elefántszerű lábakra lehetett szükségük. Végül a vízi életmód mellett szólhat a test alá húzott, függőleges végtagállás, úgyszintén az esetek nagy többségében az orrnyílások felhúzódása a koponyatető közelébe.

Ha mindezek ellenére is egyelőre várakozó álláspontra helyezkedünk a Dinosaurusok életmódjának rekonstrukciójában, akkor azt a kétségtelen bizonyítékok hiánya okozza, és nem a valószínűsíthetőségé.

A Dinosaurusok másik nagy ága, mint már mondottuk: a madármedencéjűek,



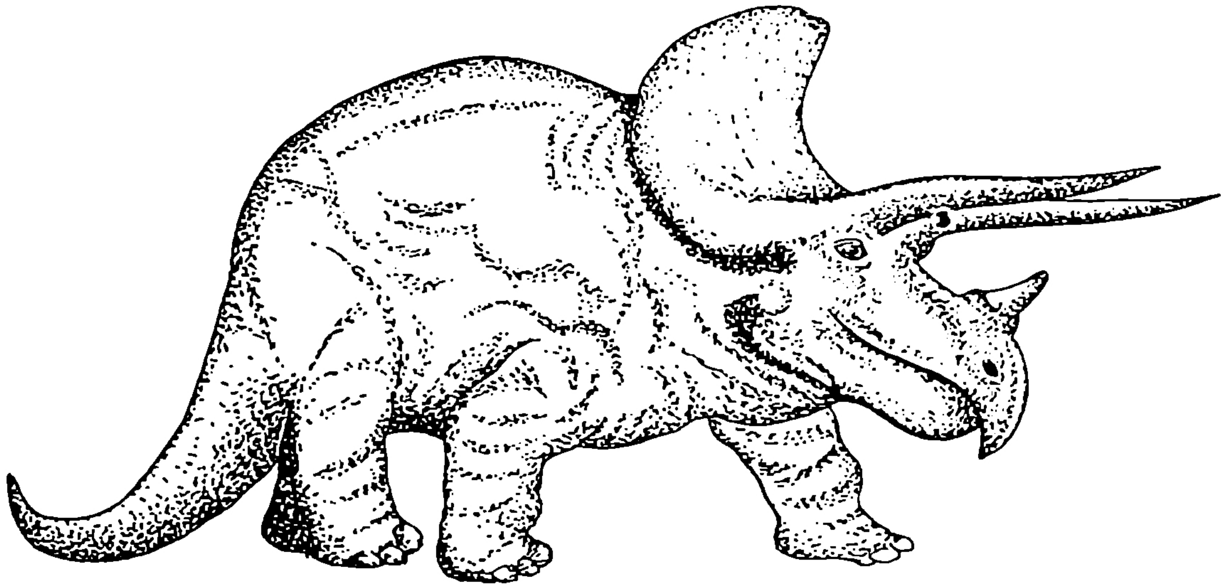
35. *A vízben élő, a vízfenéken „legelésző"* Brachiosaurus *(dinoszaurusz) életkép-rekonstrukciója*

az *Ornithischia* rendje. Fő jellemvonásuk a medence egyik csontjának, a *pubis*nak az eredeti helyéről az *ischium* mellé, hátrafelé való átfordulása. Ezzel a jelleggel azután több, kisebb-nagyobb mértékben természetesnek látszó csoport foglalható össze. Ezek közül az egyik, a már a *Saurischia*-csoport *Coelurosaurus*ain megismert biped testfelépítést mutatja, csakhogy ezek nem ragadozók, hanem a jelek szerint mind növényevők. A többi — 2—3 — csoport: a *Stegosaurus*ok, a *Ceratopsia* és esetleg külön csoportként vagy a *Stegosaurus*okhoz kapcsolva az *Ankylosauria* csoport. Valamennyit a négy lábon járás és a nehéz csontpáncélzat jellemzi.

Az *Ornithopoda* alrend tagjai jura és még inkább kréta időszaki kenguruszerű alakú, tehát két lábon járó, megrövidült végtagú és nyakú, általában viszonylag nagy fejű, növényevő fogazatú alakok. Páncélzatnak nyomát sem találjuk rajtuk.

Az *Ornithopodák* sok fajt magában foglaló, változatos Dinosaurus-ág. Beszédes bizonyítékai ennek a könnyűlábú, erősen viszafejlődött elülső testű *Hypsilophodon;*

az éppen ellenkezőleg specializált, nehézkesebb felépítésű, csak félig-meddig két lábon járó, rövid vaskos papagájfejszerű koponyájú, alsó krétakori *Psittacosaurus*; a rohamsisak-szerű, egységes védőpáncéllá átalakult koponyatetővel jellemzett *Stegoceras*, vagy a megint csak igen változatos specializált növényevők, elöl fogatlan, hátul párhuzamosan több sor fogat viselő, nagy testű *Dinosaurusok*. Az utóbbiak közül külön is ki kell emelnünk a még kezdetlegesebb specializációjú felső jurakori *Canyotosaurus*t; a magasan specializált alakok tömegéből pedig egyik legjobban ismert *Dinosaurus*-típust, a belgiumi felső krétából 17 teljes csontvázzal előkerült *Iguanodon*-t; a kacsacsőrszerű állkapcsú *Kritosaurus*t, a kazuárszerű csonttarajt viselő *Corythosaurus*t; vagy végül az orrnyílásoktól kiindulva az egész koponyatetőn végighúzódó,



36. A felső krétakori Triceratops *dinoszaurusz rekonstrukciója*

sőt azon a teljes fejhosszt meghaladó hosszúságban enyhe ívben túlnyúló, titokzatos szerepű, végig üreges csontos fejdíszű *Parasaurolophus*t; és a mumifikálva fennmaradt lelete révén világhírre szert tett *Trachodon*t.

Zárt egységet alkotnak a madármedencéjű Dinosaurusok közt a *Ceratopsia* alrend képviselői. Eredetüket szintén nem ismerjük. Túl hirtelen jelennek meg a felső krétában, hogy annak végével el is tűnjenek. A specializációban elmaradottabb alakjaikból tudunk csak eredeti rokonsági kapcsolataikra következtetni. Eszerint rövidnyakú, nagyfejű, kevéssé redukált mellső végtagú formákból fejlődtek ki ezek a nehéz alkatú, a hátsókhoz hasonlóan erős mellső végtagú állatok, amelyek legfeltűnőbb jellegei azonban fejükön alakultak ki. Koponyájuk papagájcsőrszerű, fogatlan elülső részét 1—2—3 hegyes szarv védte; ugyancsak szarvpár meredt a homlokról, a szemüregek fölött fölfelé vagy fölfelé-előre. Ezenkívül a koponya egész hátulsó pereme gallérszerűen hátranyúló, hatalmas csonttarajban folytatódott, amelyen egyeseken még hatalmas peremtövisek is ülnek. A szarvakkal harcoló állatokat a hatalmas tarkótaraj pajzsként védte az ellenféllel szemben. Az erős orrszarvú nagyságú állatok megjelenésükben — és valószínűleg életmódjukban is — emlékeztetnek az orrszarvúakra.

A mongóliai *Protoceratops* nemzetség kivételével teljesen Amerikára szorítkozó alrend legismertebb nemzetségei a *Triceratops* (36. ábra), a *Pentaceratops*, a *Monoclonius*, a *Styracosaurus*, és az ezektől kissé eltérő *Pachyrhinosaurus*.

A gyorsasággal védekező, egyébként védtelen *Ornithopodák*, a szarvakkal támadó és tarkópajzzsal védekező *Ceratopsiák* mellett a harmadik csoport a *Stegosaurus*ok vagy *Tyreophorák*, feltűnően apró és rendszerint megnyúlt koponyájú, négylábú, csontlapokkal, csonttarajokkal-csonttüskékkel védett nehézkes állatok alkotják. Legismertebb és egyben legjellemzőbb képviselőjük is az észak-amerikai felső jurabeli *Stegosaurus*. A hátán végighúzódó, hatalmas csontlapokból álló, kettős csonttaraja és ehhez a test oldalain csatlakozó tüskék rendszere, hosszú tüskékkel fegyverzett farka — igen bizarr külsőt kölcsönöztek ennek a különben valószínűleg nagyon jámbor állatnak.

Megemlítjük még a *Scolosaurus* nemzetséget is. Alacsony, széles testű, páncélos, négy lábon mozgó őskori tank ez, melyet *Nopcsa* Ferenc írt le és nevezett el. Tudományos nevének magyar fordítása: tetű-szaurusz.

Végigtekintve a *Dinosaurus*ok formagazdag csoportján, megismerve óriásait, önkéntelenül felvetődik bennünk a gondolat: miért haltak ki ezek az élővilág legnagyobb hatalmasságai szinte egy csapásra a kréta végén?

Több magyarázat van kihalásukra, de maradéktalanul egyik sem fogadható el. Sokkal védtelenebb kortársaiknak hatalmas tömege maradt fenn, míg ők kivesztek. Pusztulásukra nem tudunk kielégítő választ adni.

Két tényt azonban mindenképpen le kell szögeznünk.

1. A kréta végénél általában a túlspecializált csoportok pusztultak ki, míg a kezdetleges fokon levők vagy csak igen lassú fejlődést mutatók túlélték ezt a kihalási időszakot, vagy legalábbis ilyenek maradtak fenn.

2. Az a tény, hogy pl. a *Dinosaurus*okkal és más túlspecializált szárazföldi szauruszokkal együtt a kréta végén pusztultak ki a tengeri szauruszok (*Ichthyosaurus*ok stb.) is, sőt a gerinctelenek világában az addig uralkodó *Ammonites*ek is mind egy szálig eltűntek a világtengerekből, azt mutatja: szó sem lehet arról, hogy a *Dinosaurus*ok esetleg táplálékhiány vagy más helyi ok miatt vesztek volna ki.

Kétségtelen tény tehát, hogy a kréta végén a világtengerektől a szárazföldek belsejéig mindenütt kivesztek a Föld középkora folyamán legnagyobb fejlettségüket, virágkorukat megért állatcsoportok. A mellettük mellékes szerepet játszott alakkörök pedig — primitívebb szervezettségükkel átvészelve a kréta végi „nagy halál"-t — átjutottak az újkorba, esetleges virágkoruk és lehanyatlásuk korába.

Azt, hogy mindmáig ez az egyetlen megfogható tény a kihalás nagy kérdésében, a két-halántéknyílásúak utolsó rendje, a krokodilusok is beszédesen tanúsítják. Legősibb képviselőik a triász felső részében bukkannak fel. Kezdetben alig különböztethetők meg a *Dinosaurus*ok két rendjével és a hidasgyíkokkal, gyíkokkal, kígyókkal közös őseiktől, az ősi szabású *Thecodontia* rend alakjaitól. Nagyjából gyík formájú állatok, testüket, vagy legalábbis hátukat csontlemezekből álló páncél takarja. Orrnyílásaik fokozatosan közelednek, egyeseken már érintkeznek is egymással, szájpadlásuk pedig elöl kezd duplázódni, ami a belső orrnyílást fokozatosan hátrafelé tolja. Ezek jellemzik még a felső triászkori *Protosuchus*t vagy jurakori rokonait. A jura elejétől ismert fejlettebb alakjaikon már előretorlódott egyetlen kerek nyílásban egyesült orrjáratot, a szemek magasságáig vagy még hátrább tolódott belső orrnyílásokat és ugyanekkorra kialakult másodlagos csontos szájpadlást találunk. Ehhez a fejlődési fokhoz számos jura-krétakori és egyetlen eocénkori nemzetséget (*Sebecus* — Dél-Amerikából) sorolunk, mint pl. az egészen rövidfejű *Notosuchus* és *Libycosuchus*, az igen megnyúlt, keskeny arcorrú *Pholidosaurus* és *Teleorhinus*, az európai krétában szélesen elterjedt *Goniopholis*, szintén erősen megnyúlt arcú, tengeri életmódhoz alkalmazkodott *Teleosaurus*, *Metriorhynchus*, *Geosaurus*.

Az alsó krétától kezdve pedig itt vannak a koponya hátsó részébe visszahúzó-

dott belső orrnyílású „modern" formák. Ezek közé tartoznak a meleg égöveken ma is élő krokodilusok, gaviálok, kaimánok, s a harmadkor folyamán Európában is élt krokodilus-félék, elsősorban a *Tomistoma* és *Crocodilus* nemzetségek tagjai. Magyarországról is gyakran kerültek elő maradványai, legutolsó előfordulásuk nálunk a pliocén közepére esik, tehát vagy 5—6 millió évvel ezelőttre.

A *Dinosaurus*ok kihalása kapcsán mondottakra jó ellenpélda a krokodilusok esete. 100 millió év alatt alig változtak, míg elérték a kréta elején legmagasabb fejlődési típusukat. Azóta meg fejlődésük éppenséggel megállt. Mégis ma is élnek — ha nem is oly változatosságban, mint pl. a kréta folyamán. 8 nemzetségbe osztott 21 fajuk azonban amellett tanúskodik, hogy ez a fejlődésének immár másfélszáz millió éve alatt alig „modernizálódott" csoport biológiailag nincs kihalásra ítélve. Ugyanekkor azonban a velük egyszerre indult, de „gyorsvonat sebességével" fejlődött *Dinosaurus*oknak már vagy 70 millió éve hírmondója sincs a Földön.

A levegő birtokba vétele

A jura legalján alakulnak ki könnyű csontozatú, galamb nagyságú, majd nagyobb, két-halánték-nyílásos hüllők, amelyeket mindenekelőtt az jellemez, hogy mellső végtagjaik negyedik ujjperce — a hozzá tartozó kézközépcsonttal együtt — óriásra megnőtt és megerősödött. Ezt a hatalmasra nyúlt és vastagodott ujjat azután (a lenyomatok tanúsága szerint) bőrlebeny, ún. repülőhártya köti össze a testoldallal és a hátsó lábak combrészével. Tehát kétségtelen volt, hogy ezek a mai denevérekhez hasonlóan végtagjaik közt kifeszített bőrhártya segítségével repültek.

Úgynevezett repülőhalakat, hatalmas mellúszóikkal a vízből kiugorva kisebb-nagyobb távolságra siklórepüléssel eljutó alakokat már a mezozoikum eleje óta ismerünk. De igazi, szárnnyal repülő állatról a rovarok kivételével — a *Pterosaurus*ok jura eleji felbukkanásáig — nincs tudomásunk. Gyakorlatilag velük indul el a gerincesek térhódítása a levegőben. Ők uralják azt — a kréta végén bekövetkezett hirtelen eltűnésükig. A földtörténeti újkorban már más az úr a levegőben.

A *Pterosaurus*ok, repülőgyíkok két irányban specializálódtak. Egyik águk, a jura legelején megjelenő *Rhamphorhynchoidea* legfeltűnőbb jellemvonása a hosszú farok, amelynek végén széles bőrlebeny volt, nyilván a repülés közbeni kormányzásra. A másik ág, a jura felső része óta ismert *Pterodactyloidea* alrend tagjait a teljesen visszafejlődött farok, a fogazat különböző mértékű fejlődése vagy teljes hiánya jellemzi.

A *Rhamphorhynchoidea* köréből elsősorban az alrend névadóját, a kis *Rhamphorhynchus*t említjük, mellette a *Dimorphodon*, vagy a *Dorygnathus* jelentős még. A jura végére nyomuk vész, hogy átadják a terepet a másik fejlődési vonalnak.

E vonal tagjai, a *Pterodactyloidea* alrend képviselői közül a megnyúlt, hegyes arcorrú jurakori kis *Pterodactylus*t említjük, valamint az amerikai krétakori repülőszauruszok két óriási képviselőjét, a 6—7 m-es kiterjesztett szárnytávolságával minden idők legnagyobb repülő állatát, a *Pteranodon*t, és a nem sokkal kisebb *Nyctosaurus*t. Az előbbi árszerűen hegyes, fogatlan csőrén kívül a méretre és erősségre egyaránt hatalmas, a fej, szemek előtti részével egyensúlyt tartó, s hátrafelé, a koponya folytatásában kinyúló csontsisakkal tűnik ki. A kréta végével ezek is nyomtalanul kipusztultak.

A *Pterosaurus*ok különleges formái és életmódja méltán váltott ki fokozott érdeklődést a kutatók táborában. Néhány szerencsés lelet is segítségükre volt. Így ez

állatok életének sok érdekes titkát sikerült megfejteni. Itt nem térünk ki a *Pterosaurus*ok repülésének mechanikájával igen beható részletességgel foglalkozó kötetnyi irodalom eredményeire, inkább csak azt emeljük ki, hogy repülőhártyájuk igen pontos rekonstrukciója mellett sikerült ezen a szőrzet nyomait is felfedezni. Igen fontos adat ez, mert hőszabályozás, így tehát a „melegvérűség", pontosabban az állandósított testhőmérséklet lehetőségét jelentik az állat számára, amit csak a legmagasabb fejlettségi fokon álló állatok, a madarak és az emlősök érnek el a mai állatvilágban.

A *Pterosaurus*ok kihalásáról, kréta végi hirtelen eltűnésükről semmivel sem tudunk többet, mint a többi szauruszéról. Eltűnésükkel még értetlenebbül állunk szemben, mint a legtöbb dinoszauruszéval.

És míg a denevérröptű *Pterosaurus*ok kihalásán töprengünk, újabb problémaként bukkannak fel nem is túlságosan távoli rokonaik, a velük kb. egyidőben indult és specializálódott, a kréta végével azonban a kipusztulásra való hajlam nyomait sem mutató, a harmadkoron keresztül mindmáig a halakkal együtt virágkorukat élő *madarak.*

A madarak a klasszikus rendszerben a halak, a kétéltűek, a hüllők és az emlősök mellett a gerincesek egyik osztályát képviselik. A rendszer fejlődéstörténeti reformjának élharcosai számára azonban csak a két-halántéknyílásúak egyik rendjét alkotják, akárcsak a *Dinosaurus*ok valamelyik rendje, vagy az előbb tárgyalt *Pterosaurus*ok. És ha a madarak egyes „alosztályai", rendjei közti különbségeket hasonlítjuk össze a madarak rokonságának többi rendszertani egységével, mint pl. a *Saurischia, Ornithischia, Pterosauria, Crocodilia* stb., rendekkel akkor el kell ismernünk, hogy vagy ezeket kell — mégpedig valamennyit — osztály rangjára emelni a rendszerben, vagy a madaraknak — helyesebben specialistáiknak — kell megelégedniük egyszerűen egy *Diapsida* rend rangjával az állatvilág fejlődéstörténeti rendszerében.

A madarak eredetét kutatók közt a századforduló óta szenvedélyes viták folytak. A szakkörök két évtizeden keresztül valsósággal lázban égtek, mikor *Beebe, Nopcsa, Abel* vagy *Heilmann* egy-egy újabb vitacikke, könyve vetett fel új szempontokat, hozott új érveket.

Miről vitatkoztak?

Arról, hogy a fáról fára ugráló, erdőlakó életmód mellett szerezte-e meg a madár a szárnyait, illetőleg a repülőképességét, amint azt *Beebe, Abel, Heilmann* vitatták, vagy éppen ellenkezőleg: mint rohanó, sztyepplakó alakok tértek át kétlábon futásukat ugrásokkal megszakító, a mellső végtag csapkodásával az ugrások távolságát folyton hosszabbító, végül repüléssé fejlesztő mozgással repülésre *(Nopcsa).*

Kinek lehet igaza? Nem tudjuk.

Három dolgot azonban nem szabad elfelejtenünk.

1. A fáról fára való ugrálás azonos fejlettségű, teljes funkcióban levő mellsőhátsó végtagokat kíván. Ez pedig, tudjuk, mindig ejtőernyő-ugrást eredményez. Ennek a mókus terpesztett végtagú ugrásától a denevér repüléséig minden lépcsőjét ismerjük, s állíthatjuk, hogy ez sohasem vezethet a madárszárny kétlábon járást feltételező kialakulásához.

2. A madár tollruhája, az ebből a repülés számára adódó lehetőségekkel alapvetően eltér a repülő hüllő vagy emlős csupasz vagy szőrruhás testének adottságaitól.

3. A madarak járó-futó állatok. A fán ugrálva „repülők" pedig kezdetben kétlábú ugrással mozognak tovább, s később (mikor már jó repülők) hátsó végtagjaik már csak megkapaszkodásra alkalmasak, járásra azonban aligha (denevérek).

Mindezek amellett szólnak, hogy bármennyire valószínűtlennek is látszik első

pillanatra — az igazsághoz *Nopcsa* elgondolása áll közelebb. Már amennyiben abból indulunk ki, hogy a madarak őseinek futással vagy ugrálással kellett szorgalmasan „trenírozniuk", hogy késő utódaik majd néhány millió év múlva jó repülők lehessenek!

Ahogy azonban ma látjuk a dolgokat, erre sohasem volt szüksége az állatnak. Sokkal inkább a fejlődésben kialakult egyik vagy másik jelleg adott lehetőséget egy bizonyos életmód gyakorlására. Ebben az esetben tehát a hozott adottság csak előnyt jelent az ezzel az adottsággal nem rendelkező állatokkal szemben, tehát a felülkerekedés lehetőségei nagyobbak; az ellenségekkel szembeni védekezésben ügyesebb, a táplálékszerzésben eredményesebb ez az állat. Fennmaradása és elszaporodása jobban biztosítva van, mint e képességekkel nem rendelkező társaié. A fejlődésnek ez az iránya tehát számszerűen is felülkerekedik az utódokban, és a kései utódokban felfokozódik, még eredményesebbé válik. Természetesen még ilyen körülmények közt is igen kicsi az új adottságok száma, amelyek (statisztikusan szelektálódva) új fejlődés alapjaivá válnak.

Mármost visszatérve a madarak őseire, abból kell kiindulnunk, hogy nem azonos funkciójú mellső-hátsó végtagok mellett, fogazatukból következtetve inkább ragadozó, két-halánték-nyílású, kistermetű „hüllők"; testfedő pikkelyeik előbb zsindelyszerűen fedik egymást. Később ezek a pikkelyek tovább hosszabbodva — szabad végükön felszabdalódnak, mígnem közös tőben összefutó kis pamacsokká vagy közös tengelyről leágazó, oldalágakkal bonyolított képződményekké, kezdetleges tollakká válnak. Megint csak *Nopcsa* sztyepp-futója áll közelebb ehhez a lehetőséghez. Miután pedig az élesebb testperemeken mindig erősebbek a pikkelyek, nyilvánvaló, hogy az ezekből alakult „ős-tollak" is itt a legfejlettebbek. Ez azonban a testfelület nagyobbodását jelenti. Ha az állat a légellenállást igyekszik továbbmozgatására felhasználni (*Nopcsa* szerint: mellső végtaggal való csapkodás), akkor ez az adottság rendelkezésre áll.

Az első kezdettől az albatrosz-repülésig azonban még hosszú az út — alkalmazkodásban is, időben is.

De hogyan állunk a legősibb madárleletekkel — kérdezheti joggal az olvasó, megunva hosszadalmas elméleti fejtegetéseinket.

Nos, van egy szerencsés leletünk, amelyről azonban kiderült, hogy nem is olyan nagy szerencse a megtalálása.

Még a múlt század hatvánas éveiben került napvilágra a bajorországi Solnhofen jurakori írópaláiból egy, majd később még egy ősmadár-lelet, a csontváz legnagyobb része. Ez fél évszázadra talán a leghíresebb őslénytani lelet dicsőségében sütkérezett, mint a fejlődéstörténet legragyogóbb bizonyítéka: a *hüllőmadár!*

Az újabb, korszerű vizsgálatok sokat lekoptattak az *Archaeopteryx lithographica* néven leírt lelet dicsfényéből. Jelentősége, mint legősibb madárleleté (amely az ősmadarak egy kihalt, korai oldalágát képviseli), számos ősi jelleg mellett a madárrá válás igen előrehaladott fokát mutatja. Nem egy tulajdonságában azonban rengeteg ún. hüllő-jelleget is megtartott. Így pl. „ősi" jellegei csak bizonyos kritikával fogadhatók el, éppúgy, mint madárjellegei sem biztosan képviselik a madárrá válás akkori leghaladottabb fokát.

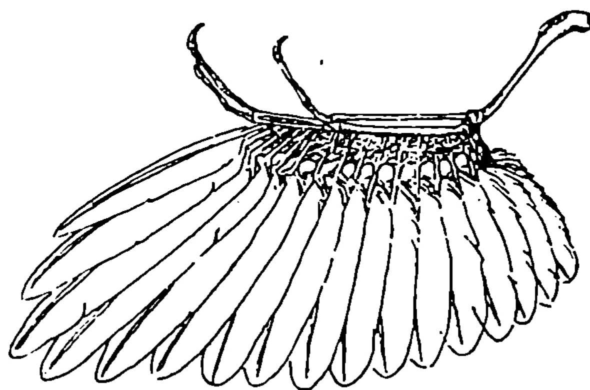
De milyen is ez az *Archaeopteryx*?

Röviden azzal válaszolhatunk, hogy galambnagyságú madár; farka hosszú, sok csigolyából áll. Koponyáján feltűnik a csőrrész elkülönülésének hiányából adódó hüllőszerű külső is. Itt magyarázatképpen hozzátesszük, hogy a mai madarak farkának hosszát csupán a tollazat befolyásolja; csontvázukban a farokcsigolyák helyett valamennyi, az *Archaeopteryx*nél fejlettebb madárnak rövid, ékszerű csont-csonkja van — a csigolyák összenövéséből keletkezett *pygostyl.*

Az a nem madárszerű jelleg, amely az *Archaeopteryxen* még látható, mind az ősi fejlettség bizonyítéka. Ilyenek: a 3—4—5. lábközépcsont különállása; nem olvadt még egybe a mai madárcsüddé. Ugyanígy a szárnyban a 3—4. kézközépcsont is különáll még egymástól. A mellcsont még nemcsak a madarakon közismert „taraját" nem viseli, hanem még széles lemezzé sem alakult. Mindezek ősi jellegek, amelyek azonban már előrevetítik a későbbi madárcsontváz jellegzetes kialakulásának útját.

Ami azonban ezeken felül lényeges, mégpedig a madárrá válás vonalán, az a két leleten lenyomatban remekül látható szárny- és farktollazat fejlettsége. (37. ábra) Sőt a szárny evezőtollainak elhelyezkedése, fejlettsége semmiben sem marad el egy mai gyengébb röptű madáré mögött. És ez mutatja, akárcsak az alsó triászkori *Protobatrachus* esetében, hogy a lényeges új jellegek szinte teljesen mai fejlettségűek, csak a kísérő részletek tekintetében van még szükség hosszú fejlődésre.

Mindezek a jellegek azt mutatják, hogy az *Archaeopteryx* már a valódi madarak egy oldalága, melyen bizonyos hüllő-jellegek (pl. a hosszú farok) fennmaradtak, miközben a madárrá válás egyes részletei még elég kezdeti fokon állanak.



37. *Az evezőtollak elhelyezkedése az* Archaeopteryx *szárnyán*

Talán nem is tartanánk az *Archaeopteryxet* a madárrá válás vonalán kissé elmaradottnak, ha nem állna módunkban ezt a felső jurakori típust a kréta felső részéből előkerült viszonylagos gazdag madáranyaggal ellenőrizni. Ezen az anyagon láthatjuk, hogy bizony a felső krétában a madárfauna már teljesen „modern". Ezalatt azt értjük, hogy a kréta végéig kihalt két fogascsőrű madár rend kivételével — gyakorlatilag a mai madárrendek, sőt bizonyos mértékig a mai családok képviselői népesítik be az akkori szárazföldeket. A madárfauna fejlődése tehát fő vonásaiban a kréta végéig lezárult, s azóta már csak a fő típusokon belül bontakoztak ki még új részletjellegek.

Itt megint önként kínálkozik az összehasonlítás a madarakkal közeli rokonságban álló *Pterosaurus*okkal: nagyjából párhuzamosan, egymás mellett, más úton ugyanazt a fejlődési „tervet" megoldva fejezték be kibontakozásukat a kréta végére. De míg az egyik ág (a *Pterosaurus*ok) ezzel maradéktalanul ki is pusztult, addig a másik ág, (a madarak) átjutva ezen a határon, meglevő fő típusai hihetetlen méretű felvirágzását érte meg, és így jutott el napjainkba.

Ugyanannak a fejlődésnek a végén az egyik nyomtalanul eltűnik, a másik pedig robbanásszerű virágzásba csap át!

Hüllőszerű farka és egyéb, a mai madarakétól távol álló tulajdonságai alapján az *Archaeopteryxet* az összes többi madárral *Archaeornithes* néven állítják szembe, emezeket *Neornithes* név alatt foglalva össze.

A tulajdonképpeni madarak vagy 12 000 (legújabb kritikai becslés szerint 8600) fajt számláló formagazdagságát a rendszertan ma még nem képes egységes elvek szerint osztályozni. Mint mindenütt, itt is sokáig viaskodott egymással a régi, alaktani-ökológiai rendszer az új, fejlődéstörténeti adatokra alapított rendszerezéssel. Ez a harc a madártanban sokkal tovább tartott, mint a rendszertan sok más területén. Bonyolította a kérdést, hogy a fejlődéstörténeti rendszer hívei érvelésükben inkább

csak anatómiai adatokra támaszkodtak, mint tényleges fejlődéstörténeti tényekre. Ennek oka igen egyszerű. Miután a felső krétabeli madártípusok már teljesen mai jellegűek, hiányoznak az *Archaeopteryx*-típus és a mai csoportok kialakulása közti generalizáltabb alakkörök, amelyek az egyes természetes csoportok valódi rokonsági kapcsolatait felfednék.

Ilyen körülmények között helyesebbnek tartjuk, ha nem erőltetjük túlzottan a nagyobb, összefoglaló kategóriák rögzítését, hanem inkább megelégszünk a kisebb, még áttekinthető összefüggésű, láthatólag természetes csoportok rögzítésével. Ennek értelmében a madarakat ma általában 30—35 „rendre" osztják fel, de az ezeken belül elválasztott 40—50 alrend egy részét egyes rendszerezők még rend-rangban tartják számon.

Éppen az ismert madarak — kihaltak és élők — fejlődéstörténeti haladottsága miatt nem volna sok értelme, hogy ennek a bonyolult rendszertani szövevénynek a részleteibe akár csak nagyjából is betekintsünk. Ehelyett inkább a vakvágányként kihalt néhány „rend"-re térünk ki röviden, kiegészítve néhány adattal a legfontosabb csoportok múltbeli előfordulásáról.

Mint már a fentiekben érintettük is, a madarak közt jóformán csak a fogasmadarak, a pingvinszerű, nagytermetű *Hesperornis*-félék, és a kis, jórészt galambméretű alakokat magában foglaló *Ichthyornis*-csoport tér el lényegesebben a mai madárvilág közismert típusaitól. Az előbbiek, a *Hesperornithiformes* rend képviselői. Ilyen a méteresnél nagyobb *Hesperornis*, vagy a *Baptornis*, az *Enaliornis* — az észak-amerikai felső kréta-rétegekből, és a dél-amerikai *Neogaeornis*, amelyet *Lambrecht* Kálmán írt le. Hosszúcsőrű, fog-vályuban elhelyezkedő éles, hegyes fogakat viselő, vöcsök-testalkatú, úszó ragadozók voltak, s partközeli vízben úszkálva halásztak.

Az *Ichthyornithiformes* „rend" ugyancsak észak-amerikai, felső krétakori madarakat foglal magában. Galamb nagyságú vagy alig nagyobb, hosszúcsőrű, csaponülő fogakkal felfegyverzett állkapcsú kis ragadozók ezek, mint pl. az *Ichthyornis* vagy az *Apatornis*.

Bizonytalan rokonsági kapcsolatai miatt önálló rendbe sorolják az első, felső krétakori, fogazat nélküli (tehát „modern") madarat, az észak-amerikai hattyúnagyságú *Caenagnathust*.

A *Caenagnathiformes* közelében helyezik el a rendszertanban a mai madarak közt legősibb szabásúnak tartott struccok kis csoportját. Régies szájpadlás-alkatuk és a mellcsonti taraj teljes hiánya alapján egyesek a madarak repülőképességének megszerzése előtti állapotot, vagy legalábbis igen ősi, futó-specializáció eredményét látják a *Struthioniformes* csonka „szárnyában", mellcsonti taraja teljes hiányában. Arra bizony aligha tudunk ebben a pillanatban megnyugtató választ adni, hogy mennyi az igazság ebben a feltvésben, hiszen a legrégibb ismert strucc-maradványok a pliocén alsó feléből származnak, tehát 10 millió évesnél biztosan újabbak. Ezek a leletek már teljesen a mai struccok fejlettségi fokán álló alakokról tanúskodnak, sőt pl. a jégkorszak elején élt és hamarosan kihalt óriás struccok — melyek egy jelentős leletét a Fejér megyei Kisláng szolgáltatta — a mai *Struthio* nemzetség tagjainál magasabb fejlettséget értek el. Érdekes még, hogy a struccok mai hazájából, Afrikából csak a jégkorszak óta ismerjük őket. Pliocénkori őseik Kelet-Délkelet-Európa, Elő-Ázsia, Belső-Ázsia füves pusztáinak ún. *Hipparion*-faunáiból ismeretesek.

A struccoknál semmivel sem régebben ismerjük a dél-amerikai nanduk — struccokra emlékeztető külsejű, de jóval kisebb, a struccokkal semmi közelebbi rokonságban nem állott madarak — fejlődési ágát. Ezek csak a pliocén vége óta ismert, visszafejlődött szárnyú, mellcsonti taraj nélküli futómadarak. Mai élő alakjukon *(Rhea)*

kívül a *Protorhea* és a *Heterorhea* nemeket említhetjük elsősorban Patagónia füves pusztáiról.

Tulajdonképpen igen feltűnő, hogy Eurázsia-Afrika struccai, Dél-Amerika nandui, vagy — mint még látni fogjuk — Madagaszkár *Aepyornis*ai mellett Ausztráliának és Új-Zélandnak is megvannak a maga visszafejlődött szárnyú, mellcsonti taraj nélküli óriásmadarai. Ebből sokan messzemenő következtetéseket vontak le. Valamennyit egy közös, a madarak repülő képességének megszerzése előtt önállósodott fejlődési vonalába egyesítve — a *Carinata* névvel jelölt repülőképes madarakkal szemben —, *Ratitae* néven önálló „alosztály" tagjaiként tartották nyilván. Ma már mindinkább kialakul az a vélemény, hogy a helyi adottságok hasonlósága folytán valamennyi kontinensen, nagy szigeten kialakulhattak ilyen repülésre képtelen csoportok.

Ausztrália és Új-Zéland életviszonyai, úgy látszik, kedvezőek voltak az ilyen „*Ratita*"-alakok kibontakozására. Három különálló „rend" képviselői élnek illetve éltek itt.

Ezek egyike, a mai *Casuariformes* rend sisakos kazuárjait és emuit egyesíti magában.

Keveset tudunk Ú-Zélandnak szinte a szemünk előtt élt és kihalt óriásmadarairól, a moákról, a *Dinornithiformes* „rend" madáróriásairól. Ezek nem egy esetben elérték, sőt meghaladták a 3-m-es testmagasságot. Zömök testalkatukat figyelembe véve megállapíthatjuk, hogy minden idők legnagyobb ismert maradai voltak.

Új-Zéland moái kitűnően érezhették magukat ezen az óceáni kettős szigeten. Legalább öt nemzetséggel képviselt számos fajra szakadva népesítették be a sűrű, buja erdők koszorúzta hegyvidékektől körülvett magasfüvű réteket. A legnagyobb fajokat magában foglaló *Dinornis* nemzetségen kívül elég lesz a *Palapteryx* és az *Anomalapteryx* nemzetségek neveit említenünk.

A kazuárokon és moákon kívül Új-Zélandot egy harmadik „szárnyatlan" madár „rend" is lakta és lakja ma is: a kivik (*Apterygiformes*). Ezek alig tyúk magasságú madarak; a legsűrűbb erdők lakói, ahol férgeket szedegetve barangolnak. Élő képviselőjükön, az *Apteryx*en kívül ősmaradványaikat nem ismerjük. Történetüket teljes homály fedi.

Végül még egy nem repülő óriásmadár-csoportról kell itt említést tennünk. Ez a madagaszkári *Aepyornithiformes* rend, amely az új-zélandi moákhoz hasonlóan több nemzetségre hasadva, jó néhány fajjal népesítette be ezt a nagy szigetet Afrika szomszédságában. Legnagyobb példányaik az *Aepyornis* nemzetségből meghaladják a 3 métert, tehát nem maradnak el a termetesebb moák mögött. Más nemzetségeik (pl. a *Muellerornis*) kisebbek. Madagaszkárról ezeket a madarakat a jégkorszakból — valószínűleg annak felső részéből — ismerjük, de kétségtelenül átnyúlik koruk a jelenkor legutóbbi évezredeibe is. Ennek alapján történeti kialakulásuk semmivel sem volna tisztázottabb, ha nem ismernénk Észak-Afrika, pontosabban az egyiptomi Fayum felső oligocén-rétegeinek két madár nemzetségét, a *Stromeriát* és az *Eremopezus*t, amelyek — a magyar *Lambrecht* Kálmán, a kihalt madarak világviszonylatban legkiválóbb szaktekintélyének kutatásai eredményeképpen — az *Aepyornis*-félék korai elődeinek tekinthetők. Ez egyben azt is valószínűsíti, hogy az *Aepyornithiformes*ek kontinentális-afrikai eredetűek, talán az óvilági struccokkal is távoli rokonságban állnak és jóval később, Madagaszkár 20—25 millió évvel ezelőtt bekövetkezett leszakadása után elszigetelve alakultak ki mai formájukig.

Csak röviden említjük meg a *Tinamiformes*eket, amelyek külsőleg a tyúk-félékre emlékeztetnek, anatómiai jellegeikben azonban hol ezekhez, hol pedig a struccok hoz hasonlítanak, valamint számos, teljesen elszigetelt jellegük van. Ezt a dél-

amerikai csoportot a pliocénben a *Tinamisornis*on kívül néhány dél-amerikai alak képviseli.

A madarak eddig tárgyalt csoportjait csupa több-kevesebb ősi jelleget magán viselő, kihalt vagy igen kis elterjedésű, kevés fajban megjelenő, kihalóban levő madártípus kéviseli. A madarak zömét a továbbiakban ismertetendő „rendek" képviselői adják. Ezekről említettük már bevezetőben, hogy a felső krétában, vagy az eocénben szinte mai formájukban jelentek meg, de legalábbis valamennyi nagyobb élő típus ekkor már megvolt.

Így a búváralkatúakat *(Gaviiformes)* és a vöcsökalkatúakat *(Colymbiformes)* már az eocéntől, illetve az oligocéntől leletek kötik össze mai alakjaikkal. Ugyancsak eocén — bár közelebbről nem besorolható — ősi alakkal indul a viharmadarak *(Procellariiformes)* története.

Az oligocéntől kezdve elég gazdag bizonyító anyag áll rendelkezésünkre a madárvilág egyik legbizarrabb ága, a pingvinek *(Sphenisciformes)* történetének tisztázására. Bár nemegy tulajdonságukban kezdetlegeseknek mondhatók, de a csüd megrövidülése és elszélesedése, a szárny csontjainak ellapulásai és ezzel kapcsolatban a szárny tökéletes uszonnyá való átalakulása stb. révén, talán a pingvinek a legszélsőségesebben specializálódott madarak. Szinte el sem hinnénk a farok mellé szorított hátsó végtagokkal, kiterjesztett úszószárnyakkal a víz alatt villámgyorsan tovasuhanó, fókaszerű állatokról, hogy madarak, ha a szárazra kibukdácsolva csőrük, tollazatuk külsőleg is el nem árulná „kilétüket".

Akárcsak mai elterjedésükben, a pingvinek a múltban is a déli földrészek lakói voltak. Leleteik nagyobbik része az oligocéntől kezdve Dél-Amerikából került elő *(Palaeospheniscus, Paraptenodytes, Cladornis* és mások), de jutott a Seymour-szigetekre (a miocéni *Eospheniscus, Anthropornis* és más nemzetségek), Új-Zélandra (ugyancsak miocén *Pachydyptes, Palaeeudyptes)*, vagy Ausztráliára *(Palaeeudyptes)* is.

A felső krétáig nyomozhatók a gödényalkatúak *(Pelecaniformes)* legősibb elődei, hogy az eocéntől kezdve mind bővebb leletanyaggal járuljanak hozzá a gödények, kárókatonák, fregattmadarak, valamint az eocénben élt rokon fogasmadár-csoport, az *Odontopterygiformes* történetéhez.

Valószínűleg a gödények szűkebb körébe sorolható az erdélyi, felső kréta rétegekből származó *Elopteryx nopcsai* néven leírt madárlelet, vagy a kolozsvári oligocéni *Eostega lebedinskyi* (ez utóbbit *Lambrecht* Kálmán ismertette). Egy kígyónyakú madár *(Anhinga)* maradványait írta le ugyanő a tatarosi aszfalttelep alsó pliocén eredetű homokjából, vagy egy másiknak gyomortartalommal együtt megmaradt teljes leletét *Protoplotus beauforti* néven Szumátra (mai nevén Szumatera) ismeretlen korú rétegeiből. A fogasmadarak köréből pedig ugyancsak *Lambrecht* révén ismertük meg a Dél-Amerikából származó *Pseudodontornis*t, melynek állkapcsaiban valódi fogak teljesen fogszerű, erős csontnyúlványok vannak.

A gólyaalkatúak sorában *(Ciconiiformes)* a gémek éppúgy, mint a gólyák, illetve a flamingók már az eocénben, sőt az utóbbiak a krétában kialakulnak és elég gazdag lelet-anyaggal szerepelnek az egész harmadkoron keresztül. Csak az afrikai „papucscsőrű gólya" *(Balaeniceps)* kialakulásáról nem tudunk még — kihalt képviselőinek ismerete híján — semmit.

A gólyaalkatúak történetének — és a madarak történetének is — egyik legszebb része a flamingók történeti fejlődése. Lépésről lépésre követhetjük nyomon a lábak, pontosabban a csüd meghosszabbodását, és a mai flamingókra oly jellemző, kerekített derékszög alatt lekonyuló csőr fokozatos lehajlását. A miocénbeli *Palaelodus* még egyenes csőrű fajaitól a mai *Phoenicopterus* nemzetség jellegzetes flamingócsőrű fajáig bizony 10—15 millió év telt el.

A madarak egyik jelentős csoportja a lúdalkatúak *(Anseriformes)*. Történetük szintén a kréta felső részéig követhető *Lambrecht* Franciaországból leírt *Gallornis*-lelete segítségével. Az eocéntől pedig egész sereg, leletekkel jól alátámasztott kacsa, lúd és hattyú nemzetség sorakozik ehhez a csoporthoz.

A lúdalkatúakkal kétségtelen származási összefüggésben állnak — anatómiai felépítésük alapján — a sólyomalkatúak *(Falconiformes)*. Az utóbbiakat általában két nagy csoportba osztjuk fel. Az egyikben az amerikai keselyűk (kondor formák *Cathartae)*, a másikban az óvilági sólyomalkatúak *(Falcones)* foglalnak helyet. Érdekes, hogy a kondor formájúak a harmadkor elején, az eocénben még Európában is élnek *(Eocathartes)*, csak később válnak kizárólagos észak- illetve dél-amerikai állatokká *(Palaeogyps, Breagyps)*. Mai jól ismert képviselőik, a kondorkeselyűk *(Sarcorhamphus)* a pliocén óta élnek Észak-Amerikában.

A sólyomformájúak *(Falcones)*, a keselyük, a sasok, a héják-kányák, és sólymok az eocénben jelennek meg biztosan, főleg európai leletekkel. Későbbi történetükhöz nagyszámú adat áll rendelkezésre a Föld minden kontinenséről, jeléül annak, hogy már igen korán elterjedtek valamennyi lakható szárazföldön. A sok nemzetségnév közül itt csak kettőt ragadunk ki: a felső krétakori *Lithornis*ét, és az európai oligocénben-miocénben széltében elterjed *Aquilavus*t.

Általánosan ismert csoport a tyúkalkatúak *(Galliformes)* „rendje". A tulajdonképpeni *Galli* zárt fejlődéstörténeti csoporton kívül ide sorolják a hoacinok, karmostyúkok *(Opisthocomi)* egyetlen fajt képviselő kis csoportját is.

A hoacin a madarak fán mászó ősének vitatói számára elméletük egyik fő bizonyítéka. Fiataljainak szárnyán ugyanis még megvan a jurabeli *Archaeopteryx*en is megfigyelhető, külön mozgatható, karommal felfegyverzett 2 nem redukált ujj. Ezekkel kapaszkodva mászkálnak a kis madarak a fák ágai között. Bármennyire is fontos volna tudnunk, miért nem redukálódtak a hoacinok mellső végtagjainak ujjai, — leletek hiányában semmit sem tudunk erről.

A valódi tyúkidomúak *(Galli)* — fácánok, tyúkok, fajdok, pulykák és számos rokonuk — szintén az eocén óta ismertek. Főleg a fácánok-fajdok történetének ősmaradvány-dokumentációja gazdag, bár a pulykák történetét is vissza tudják vezetni az oligocénig. A fajdok közül az eocénből a *Palaeophasianus*, a miocénből a *Palaeoalectoris*, és a ma is élő (a jégkorszak hideg időszakaiban nálunk is tömegesen előfordult) hófajd *(Lagopus)* nemzetségeket soroljuk fel, míg a fácánok-tyúkokból elég lesz az eocénkori *Paraortyx* és *Palaeortyx*, az oligocéni *Archaeophasianus*, a miocénbeli *Taoperdix*, a magyarországi pliocén végi lelet alapján leírt *Pliogallus*, vagy a ma általában meleg égövi, a pliocén-pleisztocén határán nálunk is élt *Francolinus* nemzetséget kiemelni.

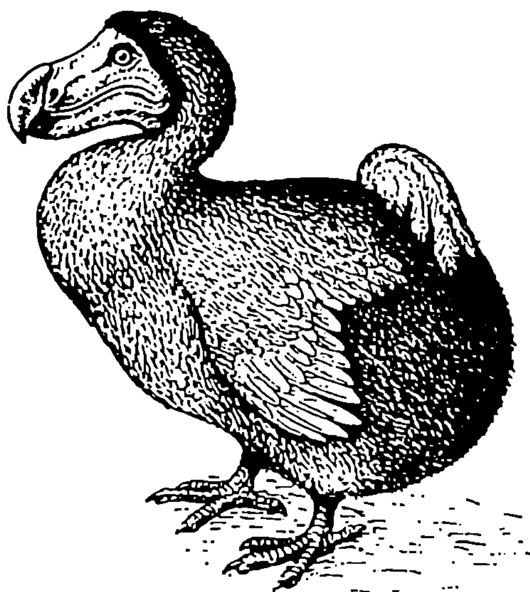
A darualkatúak *(Gruiformes)* nem egységes csoportjából a valódi daruformák *(Grus)* számos eocén alakkal indulva *(Ceranoides, Eogrus, Geranopsis* stb.) jutnak el a *Palaeogrus* oligocén-miocén, és *Pliogrus* pliocén-alakokon és másokon keresztül a mai darvakhoz. Semmivel sem ritkábbak a szintén eocénig visszavezethető guvatformák *(Ralli)*. Innen elég lesz az *Eocrex, Quercyrallus*, a *Rallicrex* eocén-oligocénkori nemzetségek nevének említése.

A darualkatúak több kisebb jelentőségű mellékágának mellőzésével itt csak az oligocénig visszanyúló túzokokat *(Otides)* és a Dél-Amerikában kialakult, az oligocén óta ismert, a *Phororhacos* nemben és rokonaiban kibontakozott, hatalmas méretű ragadozó madarakat magában foglaló csökevényes szárnyú csoportot említjük. A *Phororhacos* nemzetség fajainak keselyűcsőrrel fegyverzett koponyája egymaga elérte a 65 cm hosszúságot. Az állat magassága a 2 m-t is meghaladta.

Itt kell egy másik, az előbbiekkel nem rokon óriásmadár-csoportot említenem,

a *Diatrymiformes*eket. Fő képviselői, a *Diatryma*, a *Gastornis* és mások — nem maradnak el méretekre a *Phororhacos*ok mögött. Európa és Észak-Amerika eocén-alakjai a korszak végével hirtelen eltűntek.

Gazdag, de ősmaradványaiban nehezen kibogozható „rend" a lilealakúaké *(Chadradriiformes)*. Ennek oka, hogy egy-két ide sorolható régi alak mellett (pl. *Presbyornis* az észak-amerikai eocénből) inkább jégkorszaki előfordulásaik alapján ismerjük őket. Ugyanez áll az alkákra *(Alcae)*, melyek közül az óriásalka a múlt század második felében halt ki. Egyedül a sirályok *(Lari)* maradványait ismerjük nagyobb számban az eocén óta *(Limosavis, Halcyornis, Rupelornis)*.



38. A XVIII. században kipusztított dodo óriásgalamb (Didus) *rekonstrukciója*

A galambok *(Columbae)* és közéjük sorolt talpastyúkok *(Pterocletes)* történetét megint csak igen hiányosan ismerjük. Ritka miocéni előfordulásuktól *(Gerandia)* eltekintve — történetüket gyakorlatilag csak a jégkorszak felső része óta ismerjük.

A galambokhoz tartozik a XVIII. században kiirtott „dodo" is (38. ábra).

Ugyanezt mondhatjuk a papagályok *(Psittaciformes)* kihalt képviselőiről. Egy-két miocénbeli alak, köztük az európai *Archaeopsittacus* tanúskodik csak korábbi, a mai mérsékelt övre is átnyúló elterjedésükről.

Végül hasonló a helyzet a kakukkalkatúak *(Cuculiformes)* esetében. Európai oligocén és miocén időszaki képviselőik *(Dynamopterus, Necrornis)* mellett inkább csak „modern" alakjaikat ismerjük.

Jobban ismerjük viszont a bagolyalkatúak *(Strigiformes)* múltját. Az eocéni *Protostrix*től kezdve elég gyakoriak maradványaik a harmadkori lelet-anyagokban.

A madárrendszertan féltucatnyi „rendje" közül, melyek közé a kecskefejőket, a jégmadarakat, a lappantyúkat, a szalakótákat, a harkályokat soroljuk, gyakorlatilag bizony csak a harkályféléket ismerjük ősmaradványokból is. Bizonytalan eocénkori alakjaik *(Cryptornis, Uintornis)* és miocénbeli képviselőik *(Palaeopicus)* mellett pliocén és pleisztocén időszaki ősmaradványaikat is megtalálták.

És végül a madárvilág leggazdagabb „rend"-jére, a madárfajok jóval több, mint felét felölelő verébalkatúak *(Passeriformes)* áttekinthetetlen sokaságára térve, ugyanazt kell mondanunk, amit már a fentebb felsorolt kis rendekről mondottunk. Ősmaradványaik — néhány kihalt miocén- vagy pliocén-nemzetségük nyomai ellenére — oly hiányosak, meghatározásuk illetve besorolásuk oly bizonytalan, hogy fejlődéstörténetük jelentőségük jóformán ismeretlen.

Ha végiggondoljuk, hogy az őslénytanilag jól dokumentált madárcsoportok fejlődéstörténeti kialakulásához, rokonsági viszonyaik tisztázásához mit adott a kihalt anyag, azt kell mondanunk, hogy gyakorlatilag vajmi keveset.

Mi ennek az oka?

Egyszerűen az, hogy a madaraknak az *Archaeopteryx*et követő valamennyi ősmaradványa már a nagy fejlődéstörténeti változások, a fő csoportok kialkulása utáni időkből való, amikor már lényeges változás nem is várható. Így bármennyire jelentős

az őslénytani anyag, fontossága inkább csak az egyes csoportok terjeszkedésére, vándorlására, mintsem fejlődéstörténetére vet fényt. A legrégibb madárpaleontológia anyag olyan korszakból való, amikorra a madarak fejlődése, kialakulása nagy vonásaiban már lezajlott. Az őslénytani anyag már csak apró lépésekhez nyújt tárgyi dokumentációt (például a flamingók sajátos csőrformájának kialakulása stb.).

A másik út: az emlősök kibontakozása

A két megelőző fejezetben nagy vonásokban végigkövettük az állatvilág kialakulásának egy mindaddig példa nélküli fellendülését, magasbaszökkenését. Apró, gyíkszerű külsejű állatokból 150 millió év alatt a legnagyobb szárazföldi élőlények alakultak ki (30 méteres testhossz!). Kétlábon szökdelő ragadozók, esetleg 7 m-es szárnyfesztávolságú repülősárkányok: a legnagyobb élőlények, amelyek valaha izomerővel a levegőbe tudtak lendülni...

És mindennek nyomtalanul vége szakadt — hirtelen, átmenet nélkül. Mi maradt meg? Egy kis oldalág: a madarak. Az óriás *Dinosaurus*ok, repülősárkányok idején — 70—80 millió évvel ezelőtt — még jelentéktelen kísérői a szárazföldek és levegő urainak; azóta utódaik a levegő meghódításában és birtoklásában.

Most pedig újra visszatérünk ahhoz a kezdethez, ahol vagy 230—250 millió évvel ezelőtt az első halánték-nyílásos ősök elindultak világhódító útjukra.

A két-halánték-nyílásúak és a konzervatív, halánték-nyílás nélküli fejlődési irányok mellett, de velük egy időben indult el azoknak az ősi formáknak a fejlődése is, amelyeknek csak egy, mégpedig oldalsó halánték-nyílásuk szakadt fel. Ezt a fejlődéstörténetileg nem egységes, hanem eredetében több (vagy legalábbis két) fejlődési vonalra tagolódó csoportot újabban *Theromorphoidea* néven állítja szembe a tudomány a másik két — ti. a konzervatív (*Anapsida* vagy *Reptiliomorpha*) és két-halánték-nyílásos (*Diapsida* vagy *Sauromorphoidea*) fejlődési ággal.

Áttekintésünket egy „mellékvonallal" kell kezdenünk.

Dél-Afrika és Dél-Amerika keleti részének összefüggő beltengeri kifejlődéséből, a perm elejéről ismerünk néhány ősmaradványt, amelyek a szemüreg mögött, a koponya hátsó-oldalsó szögletében fekvő nagy alsó halánték-nyílás alapján ide sorolhatók. Krokodilusszerű, de a gaviálhoz hasonlóan elkeskenyedett koponyájúak, hosszúra megnyúlt, tűhegyes fogaik azonban élesen elkülönítik őket az ismert korukbeli négylábú típusoktól. Ezek a *Mesosaurus* nemzetség tagjai.

Minden jel arra mutat, hogy a *Mesosauria* rend egy önállóan kibontakozó fejlődési ág, amelyet közvetlenül kell valamelyik *Anthracosaurus*-csoportból leágaztatnunk. Még így is igen gyors fejlődést kell feltételeznünk, hogy e csoport korai magasfokú specializációját igazából megértsük.

A *Mesosaurus*ok elszigetelt fejlődési ága mellett a *Protorosauria* ugyancsak kis csoportja is elszigetelten áll a *Theromorphoidea* törzs fejlődési ágai közt. Ide sorolja őket az egy pár halánték-nyílás jelenléte, de koponyacsontjaik elrendeződése, csigolyáik felépítése mégis az ősi *Captorhinidia* rendhez, illetve a *Sauromorpha* ősi alakjai felé mutat kapcsolatot. Ezért nem tehetünk mást, mint hogy ezt az ágat is ideiglenesen — halánték-nyílásai alapján — a *Theromorphoidea* törzs egy igen korán levált, önálló ágának tekintjük.

A *Protorosauria* rend legrégibb alakjai már a felső karbonban megjelentek. Utolsó képviselőiket a felső triászból ismerjük.

Kevéssé specializált, gyíkszerű külsejű kis állatok, felső állású halánték-nyílással.

Legismertebb nemzetségeik az *Araeoscelis* az alsó, és a *Protorosaurus* a felső permből.

A kétségtelenül párhuzamos alkalmazkodásúnak látszó oldalágak leválasztása után egységesebbnek tűnő *Theromorphoidea* törzs fejlődése két irányba tart. Az egyik a *Placodontia, Nothosauria, Plesiosauria* tengeri életmódra specializált, de ebben különkülön „fejlődési tervet" megvalósító ágaiban nyilvánul meg, a másik viszont a *Therapsida*, és ezen keresztül az emlősök fejlődési irányát valósítja meg. Ősi törzsként viszont a kevéssé differenciálódott, valójában azonban már a *Therapsida—Mammalia*-vonal felé tartó *Pelycosauria* rend tagjai állnak e fejlődés kezdetén. Ez az oka annak, hogy mi is inkább az utóbbiakhoz csatlakoztatjuk őket, nem pedig a másik, a tengeri életmódra alkalmazkodott irányhoz.

Ezért elsőnek a *Nothosauria-Plesiosauria*-ágat tárgyaljuk, amelyet a rendszertan — kisebb kezdeti odalágaival együtt — *Sauropterygia* rendben foglal össze.

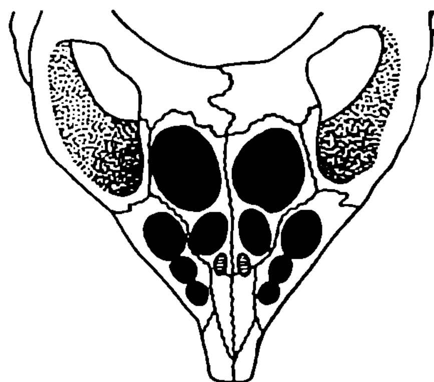
Tulajdonképpen a két főág közt is olyan kis eltérések mutatkoznak, hogy azokat csak a specialista érzékeli. Az általános érdeklődő inkább két párhuzamos, de nem azonos fejlődési sebességgel haladó ágat lát maga előtt, amelyek egyike igen hamar kihal (a *Nothosaurus* ág), míg a másik (a *Plesiosaurus*ok) a kréta végéig jut el. Az utóbbiak két fejlődési irányban, szinte egymással versenyezve érik el fejlődésük csúcspontját — kréta végi kihalásuk előtt. Ezek jellemzésén keresztül ismerkedünk meg mi is az egész renddel. Előrebocsátjuk, hogy a *Pachypleurosauroidea* nevű legidősebb alsó-középső triászbeli alakok még a vízi (úszó) életmódhoz és a halrabló táplálékszerzéshez való alkalmazkodás közbenső fokait képviselik *(Pachypleurosaurus, Proneusticosaurus, Nothosaurus)*, csak a *Simosaurus* mutatja a fejlettebb *Plesiosaurusok*nál még határozottabban felismerhető magasabb specializálódás jeleit.

A félelmetes rabló fogazat, kicsi fej, hosszú, kigyószerű nyak, hengeres test, viszonylag gyorsan elvékonyodó farok és tökéletes úszóvégtagok révén igen jellegzetes tengeri szauruszokká alakult *Plesiosaurus*ok egyik ága — lapos, rövid, háromszög alakú fejjel — a triász elejétől élt Európa alpi-északi részein *(Pistosaurus, Plesiosaurus, Muraenosaurus, Elasmosaurus)*, míg a másik ág (a *Pliosauridák*) a jura elejétől a kréta végéig viszonylag nagy, krokodilus-, sőt *Ichthyosaurus*-szerűen megnyúlt koponyájú, jóval rövidebb nyakú, de ugyancsak a végletekig specializált úszóvégtagú képviselői Észak-Amerikában is elterjedtek *(Pliosaurus, Trinacromerum)*.

A *Sauropterygius*ok élletterét — és bizonyos tekintetben alkalmazkodását — osztották a talán legkülönlegesebb egy-halánték-nyílású oldalágnak mondható *Placodontia* rend tagjai. Ezek is tengerlakók, de nem olyan félelmetes rablók, mint amazok, hanem „békés" rák-kagyló-csiga-ropogtatók. Zsákmányukat a tenger fenekén mászkáló rákokból, részben pedig az ott élt puhatestűekből szedték. Ezek kemény héját lapos, gombszerű fogukkal összeroppantva ették ki belőle az állat puha testét. Ehhez a különleges étrendhez alkalmazkodott egész szervezetük, anatómiai felépítésük. Végtagjaik természetesen alkalmazkodtak a vízben való mozgáshoz, de nem oly messzemenően, mint a *Sauropterygius*ok lapátvégtagjai, hiszen nem volt szükségük ilyen tökéletes szerszámokra, hogy zsákmányukat megszerezzék. Védelmükről pedig nem sebes meneküléssel gondoskodtak, hanem széles, lapos, szinte teknőszerű testüket rendszertelenül elszórt, mozaikszerűen illeszkedő, részben kúpos kiemelkedésekkel felfegyverzett csontpáncél védte az ellenség ellen. Koponyájuk a *Sauropterygius*okétól főleg vaskosságával tért el, ugyanakkor állkapcsukat, főleg azonban szájpadlásukat is fedő hatalmas ún. „kavicsfogaik", lapos, kerekített peremű, kerek, vagy hosszúkás zúzófogaik sajátosan jellemezték őket. Egyébként éppúgy egy pár halánték-nyílással rendelkeztek, mint amazok.

A *Placodontius*ok a német és alpi triászkori rétegekre korlátozódnak. Így viszony-

lag túl későn jelennek meg első képviselőik ahhoz, hogy eredetükről, illetve főleg halánték-nyílás-előtti fokon álló őseikről bármit is megállapíthassunk. Fejlődéstörténetileg legkezdetlegesebb alakjaik a *Helveticosaurus* és *Paraplacodus* nemzetséghez tartoznak. Ezeket még hosszú, hengeres elülső fogaik, valamint meglehetősen egységes alakú és nagyságú állcsonti és szájpadlás-fogaik jellemzik. A *Placodus*ok már rövidebb, véső alakú elülső és az állcsonti fogaknál feltűnően nagyobb szájpadlás-fogakkal rendelkeznek. A *Cyamodus* nemzetségben a rövid koponya elől szinte hegyes csúcsba fut ki; elülső fogaik is olyanok, mint a kis peremű állcsontiak, szájpadlásfogaik közül pedig csak a két hátsó nő meg feltűnően. Ugyanebben a sorban, a veszprémi Jeruzsálem-hegy felső triász rétegeiből gyűjtött, elsőrendű állapotú *(Placochelys placodonta,* az ún. bakonyi álteknős — melyet a veszprémi múzeum nagyhírű néhai igazgatója, *Laczkó* Dezső fedezett fel egyik gyűjtőútján a századfordulón —, elülső fogaknak már nyomát sem mutatja koponyája ujjszerűen kihegyesedő elülső részén. (39. ábra.) Végül teljesen külön útra tért a *Henodus*, melynek már csak egyetlen fogát találjuk állkapcsonként és oldalanként. Talán kissé túlzottnak tűnik, hogy a *Placodontius*oknál, vagy ahogy újabban nálunk hívják őket: az álteknősöknél enynyire elidőzünk. De szolgáljon mentségünkre, hogy a magyar őslénytan talán legféltettebb büszkesége, a *Placochelys* lelet a magyar Állami Földtani Intézet gyűjteményében van, és nem tartottuk egészen hiábavalónak, hogy ennek a speciálisan magyar ősleénynek a rokonságával is kissé megismerkedjünk.



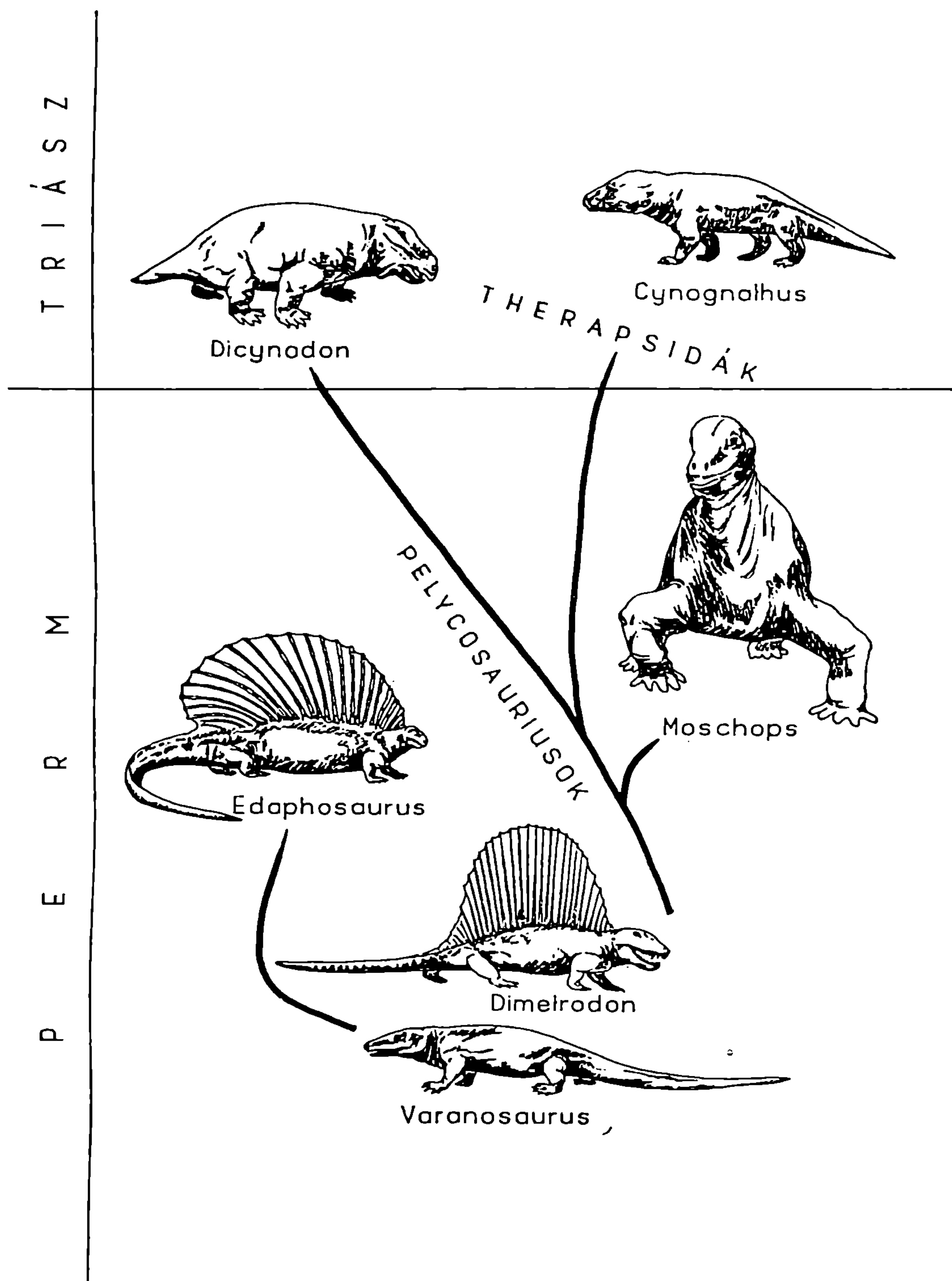
39. A veszprémi Jeruzsálem-hegy kavicsfogú álteknősének (Placochelys) *koponyája*

Most pedig visszatérünk a fővonalra, a *Theromorpha* fejlődési törzs központi, egyben legősibb csoportjaira. Mint mondottuk, esetleg helyesebb lenne őket a fejlettebb oldalágak előtt, tehát a *Sauropterygius*ok, *Placodontia* tárgyalását megelőzve ismertetni. Rokonsági, illetve közvetlen leszármazási kapcsolataik azonban olyan kérdésesek, hogy inkább a központi ős-*Theromorphák*, valamint a *Pelycosaurius*ok-*Therapsidák* és utódaik szélesen alapozott kapcsolatait kívánjuk kiemelni, mint az előbbiek kétes értékű elméleti vonatkozásait.

A legősibb *Theromorphá*kat *(Pelycosauria)* egy — inkább fejlődési fokuk, mint biztos fejlődéstörténeti kapcsolataik alapján felállított — rendbe soroljuk; az *anapsid* (halántéknyílás nélküli, tehát *Reptiliomorpha) Captorhinidák*tól úgyszólván csak két tulajdonságuk különbözteti meg. Egy pár oldalsó halánték-nyílásuk és nem egyenletes nagyságú fogakból álló, pontosabban az orrnyílás mögött egy-két feltűnően megnagyobbodó fogat tartalmazó fogsoruk van. Különben még eléggé gyík formájú, hosszúkás fejű állatok. Ezek természetesen a legrégibb felső karboni-alsó permi alakok. Itt kell elsősorban a *Varanosaurus*t és *Ophiacodon*t említenünk mint a legismertebb alakjaikat.

De már a perm folyamán gyorsan specializálódnak, sokoldalúan, számos ágban indítva el fejlődési vonalakat. (40. ábra.) Ezek nagyobb része a perm folyamán el is tűnik. Két-három águk azonban a triászba is átnyúlik. Tudományos ismereteink mai állása alapján közéjük soroljuk a *Pelycosauria* közvetlen utódait, az *Anomodontia*, a *Bauriomorpha* és a *Cynodontia* ágban kibontakozott *Therapsida*-rendet és leszármazottaikat, az *emlősállatokat.*

A *Pelycosaurus*ok fejlődést indító vonalának elsősorban a *Varanops*, az *Anningia*, a jól ismert, hatalmasan megnyúlt csigolyanyúlványai révén valóságos torz háti ta-



40. Az emlősszabású őshüllők fejlődéstörténeti összefüggésének vázlata

rajt viselő *Dimetrodon* az alsó-középső perm jellemzői, míg a gyorsabb koponya-specializációjukkal egyéni utakat járó, felső karbon-permbeli *Edaphosaurus*ok közül az alsó permi *Casea*, vagy *Dimetrodon*hoz hasonlóan hatalmas tövisnyúlványokat viselő, de ezeket keresztágakkal még bizarrabbá tevő, szintén alsó permi *Edaphosaurus* méltó említésre.

Tény, hogy a *Pelycosaurus*októl több út vezet át a középső triásztól az alsó juráig élt *Therapsidá*khoz, s ezzel már azt is megmondtuk, hogy a két rend elhatárolása sokkal inkább fejlődési fokot jelez, mintsem fejlődési vonalat. Ebben az esetben ugyanis az utóbbiak nem ágazhatnának ki elődeikből több, egymástól független csoportban.

Valóban az a helyzet, hogy a két rendet határ-alakjaikban gyakorlatilag nem is tudjuk szétbontani. Ez a nehézség különösen a *Varanosaurus-Ophiacodon*-szerű, differenciálatlan *Pelycosaurius*-vonal permi leszármazottaira érvényes, melyeket bizonyos tekintetben már *Therapsidá*knak is tekinthetnénk. Ha ezt nem tesszük, annak inkább a többi ág kirobbanóbb fejlődése az oka.

Nem vállalkozhatunk arra, hogy ezeket a többé-kevésbé önállóan és elszigetelten lezajlott fejlődési vonalakat csak nagyjából is nyomon kövessük. Hiszen nem túlzunk, ha azt mondjuk, hogy a gerinces-fejlődés talán legfeltűnőbb szétágazásával állunk itt szemben. Csak a dél-afrikai ún. Karru-vidék perm—triász rétegsorából megközelítően 2000 fajukat ismerjük, és igen szerény becsléssel kb. 2 000 000-ra becsülik az innen kiemelhető példányokat, még akkor is, ha csak a teljes csontvázakat számoljuk. Pedig még szóba sem hoztuk, hogy a Szovjetunió Uralon inneni területein, a volt permi tartományban ebből az időből szintén gazdag szárazföldi ősmaradvány lelet-anyag került felszínre, nem is említve, hogy Észak-Amerika is viszonylag bővelkedik permkori *Therapsidá*kban.

Nyolc-kilenc alrendjüket mint önálló fejlődési irányt különbözteti meg a legújabb rendszertani osztályozás. Ezek közül a *Pelycosaurus*-szerű, primitív alakok a kis *Dromasauria*-csoport tagjai, mint a *Galechirus*, vagy a *Galepus* említhetők a középső — felső permből.

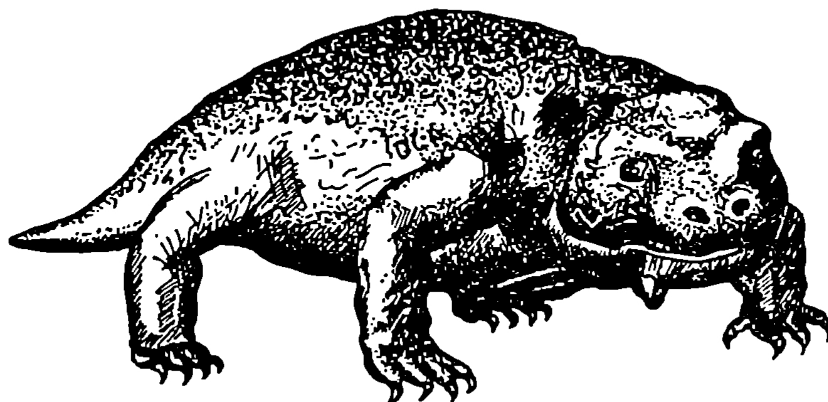
Igen vaskos testalkat, rövid, zömök fej, hátrafelé visszafejlődő vagy teljesen elsatnyult kúpos-hegyes fogazat, rövid szemmögötti koponyarész jellemzi a *Dinocephalia* alrend tagjait. Ide tartozik a *Moschops*, *a Struthiocephalus* és a *Tapinocephalus*, valamennyi a dél-afrikai permi-rétegekből. Ilyen a *Venjukovia*, a remekül fennmaradt *Ulemosaurus* és *Deuterosaurus* is a Közép-Volga—Ural-vidék permi anyagából. Viszonylag sokkal erősebb koponya, megnyúlt szemmögötti koponyarész, a hatalmas, agyarszerű felső szemfogaktól eltekintve teljesen visszafejlődött fogazat, és szinte ormányszerűen lefelé konyuló arcrész jellemzik az *Anomodontiá*kat, melyek a perm közepe felé bukkantak fel és a triász elejéig éltek. Legjellegzetesebbek a *Dicynodon*, (41. ábra), *Lystrosaurus* és *Kannemeyeria* nemzetségek tagjai, valamennyien Dél-Afrika permi-rétegeiből.

Hátul feltűnően kiszélesedő koponyája és erős szemfogak mellett elöl megmaradó fogazata volt az igen sok nemzetségre felbomló permkori *Grogonopsia* alrend tagjainak. Ezek Dél-Afrikában éppúgy megtalálhatók, mint Oroszországban *(Rubidgeia, Gorgonops, Dinogorgon, Phthynosaurus, Scylacops)*. Kis csoportot jelentenek a *Rubidginia* alakkör apró termetű tagjai *(Mygalosuchus, Rubidgina)* a dél-afrikai permi anyagból.

A *Gorgonopsidá*khoz hasonlóan ragadozó formákat ölel fel a *Therocephalia* alrend, talán a legsokoldalúbban specializált alakokat, melyek azonban életmódjuktól eltekintve semmiben sem közelednek a *Gorgonopsia*-típushoz. Legjellemzőbb tulajdonságuk, hogy szájpadlásuk fejlődésében, állkapcsuk átformálódásában és fogazatuk funk-

cionális alkalmazkodásában igen fejlődőképesek, rugalmasak. Emellett még igen fontos, hogy ezek könnyű felépítésű, gyorsmozgású alakok, igazi ragadozók. Az ide sorolt nemzetségek közül mint legismertebbeket a *Lycosuchus*, az *Ictidosaurus*, a *Whaitsia* nemet említjük a tömegből.

Specializált, metsző-, szem-, és zápfogakra különült fogazat, szinte teljesen a szemek magasságáig hátrahúzódott szájpadlás-híd és hátsó elemeiben erősen visszafejlődött, inkább már csak a fogazatot hordó fogmedri csontból álló alsó állkapocs a sajátsága a kis *Bauriomorpha* alrendnek. Nemzetségei *(Bauria, Ericiolacerta, Sesamodon)* felső perm—alsó triász korúak.



41. Emlősszabású Dicynodonta *permkori hüllő rekonstrukciója*

A fejlődéstörténet egyik legérdekesebb és ezzel összefüggésben természetesen egyik legtöbb problémát felvető állatcsoportja a *Therapsida*-rend következő ága, a *Cynodontia* alrend.

Hogy miért? Mert ezektől egyenesen vezet a fejlődés az emlősökig, annyira zárt láncban, hogy az áthidaló alakok miatt a hüllő-fokozatot a fejlődéstörténeti emlősfokozattól nem is tudjuk élesen elválasztani, aminek természetesen az a következménye, hogy a klasszikus rendszertan hüllő-emlős elhatárolása, illetve a két régi felfogás szerinti „osztály" szétválasztása lehetetlenné válik. Egyszerűen rendszertanilag-alaktanilag egymásba folynak. (42. ábra.)

Mielőtt ennek a — valljuk be, igen örvendetes — nehézségnek a részleteit legalábbis nagy vonásokban feltárnánk, tekintsük át magukat a *Cynodontia*-alakokat.

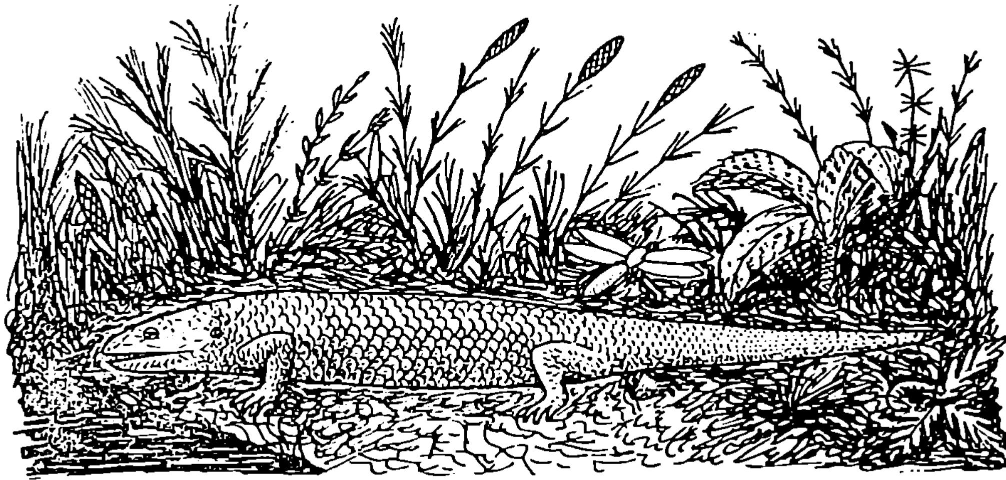
A *Cynodontia*-típust (43. ábra.) a következők jellemzik. Először is: a halánték-nyílás teljes kitágulása a koponya középső és hátsó tarajáig, illetve a járomcsontig. Azután: a szájpadlás teljessé váló másodlagos hídja, az orrnyílások előre- és egymás mellé nyomulása a koponya elülső csúcsán; a zápfogak egyszerű hegyes kúpformájának átalakulása több csúcsú fogakká: az állkapocs hátsó részének fokozatos, gyors visszafejlődése, annyira, hogy már a fogmedri csont *(dentale)* érinti az ízületi pontot, illetve részt vesz az állkapocsnak a koponyán való felfüggesztésében. Mindezek mellett a csontváz többi elemei is fokozatosan, egyértelműen „modernizálódnak."

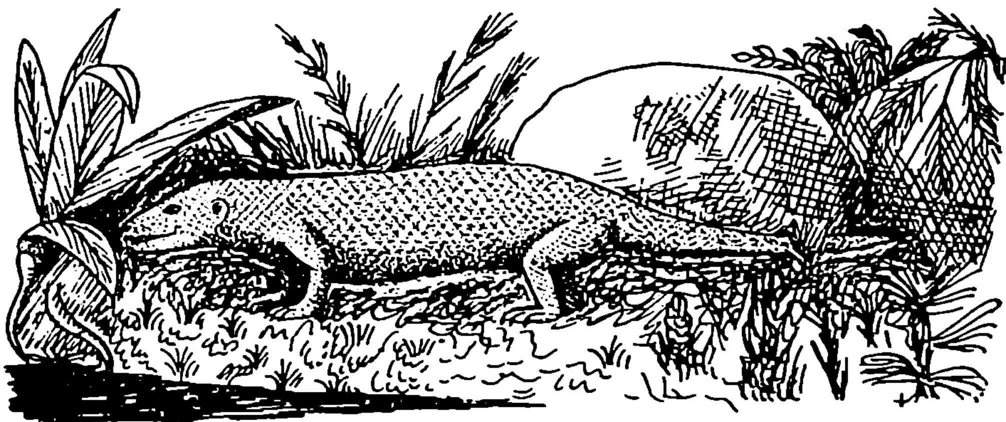
Ha most összehasonlítjuk ezt a csontváz-, elsősorban koponya-alkatot az emlősökével, akkor azt tapasztaljuk hogy a *Cynodontia* fejlődése a halánték-nyílás teljes kitágulásával pontosan az emlőskoponya halántékrészének állapotát érte el. Ugyanez mondható a szájpadlás másodlagos áthidalásáról; a legprimitívebb emlősök fokát érte el a fogazat alakulása is.

Két ponton mutatkozik még általában a *Cynodontia*- és emlőskoponya fejlődési

fokában színvonalbeli eltérés. Ezek: az alsó állkapocs hátsó csontjainak redukciója és az ezzel kapcsolatos átalakulások, valamint az orrnyílások egyesülése a koponya elülső csúcsán. Tekintettel azonban arra, hogy az utóbbi egyes *Cynodontia*-alakokon már bekövetkezett, ez a határ is elmosódott.

Marad tehát az állkapocs átalakulása.



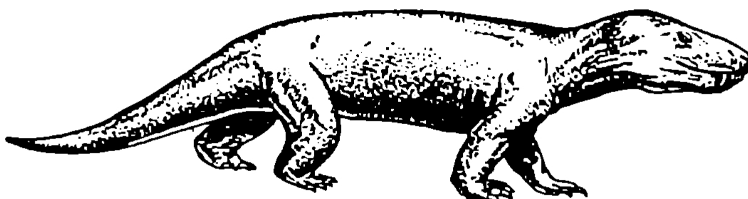




42. *Az emlősállat kialakulása* (Naef *nyomán*): a) *igen ősi emlősszabású hüllő;* b) *átmeneti alak, a pikkelyzet helyett szőrzete alakul ki;* c) *kezdetleges emlősállat-típus*

Látszólag ez nem is olyan lényeges különbség. Pedig az! Ennek megértéséhez azonban némi magyarázatra van szükség.

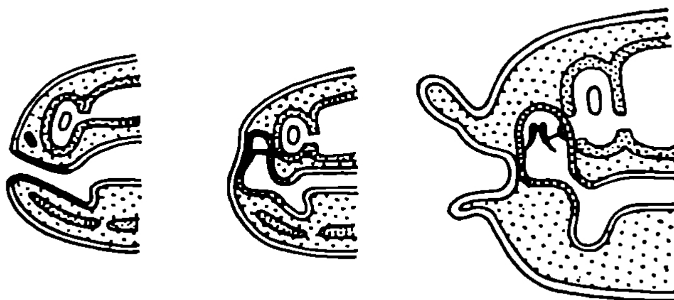
Ha közelebbről megvizsgáljuk az emlősök fülcsontjainak szerkezetét — különösen a fiatal állaton, a fejlődés korai szakában —, akkor megállapíthatjuk, hogy a magasabbrendű emlősök szokásos dobcsontján belül kis, lazán összefüggő, illetve csak kötőszöveti szalagokkal összekapcsolt csontocskákból álló rendszer foglal helyet. Az anatómusok igen behatóan tanulmányozták ezt a csontrendszert és megállapították, hogy itt három csontocska: az ún. kalapács, üllő és kengyel úgy helyezkedik el,



*43. Triászkori emlősszerű őshüllő (*Cynognathus*) rekonstrukciója*

hogy a hallóideg-végződéssel kapcsolatban álló kengyel az üllővel, ez pedig a kalapáccsal áll összeköttetésben. Az utóbbi viszont a hallójáratot kifelé határoló dobhártyával érintkezik. Mármost a kívülről jövő hanginger megrezegteti a dobhártyát; ez átviszi a rezgést a kalapácsra, amely áttétellel — ez az üllő — a kengyelhez továbbítja ezt a mechanikus ingert, s ettől a hallóideg veszi át.

Ha megnézzük, milyen berendezés felel meg ennek a hüllőkön, azt látjuk, hogy csak a kengyel van meg, s ez közvetlenül értintkezik a dobhártyával. Ez a kengyel nem más, mint a nyelvcsont mögött elhelyezkedő kopoltyúív mellső darabja, amely visszamaradt és a hallási inger átvevőjévé alakult át. Ez a csont — a *stapes* — olyan jellemző a négylábúakra (szemben a „halakkal", vagyis a kopoltyúsokkal), hogy az egész törzset *Stapedifera* néven is szokták említeni, a szokottabb *Tetrapoda* név helyett (44. ábra).



44. A füljárat és a fülcsontok kialakulása a halak kopoltyúrésétől az emlősfül dobhártyájáig és hallócsontjaiig : egy hal (balról) béka (középen), és emlősállat (jobbról) bal koponyafelének harántmetszete a hallószerv magasságában

Ezek után térjünk vissza a triász *Cynodontia*-alakjaira. Az állcsontok visszafejlődése közben a fogmedri csont *(dentale)* mögötti csontok, a szögletcsont *(angulare)*, az ízületcsont *(articulare)*, valamint a koponya négyszögcsontja *(quadratum)* elcsenevészedik, és a fogmedri csonttal való korábbi szoros kapcsolata fellazul. Azzal, hogy a dentale hátsó vége az ízületi pontig már előzőleg hátranyúlt, lehetővé vált, hogy az állkapocsnak a koponyához való ízesülését teljes mértékben átvegye, és

így a mögötte sorakozó csontocskák lelazulása lehetővé — és egyben érthetővé is — vált.

És most következett be a lényeges fordulat. A funkcióját vesztett három csontocska nem tűnt el, hanem a *stapes*hez csatlakozva az emlősök sokkal tökéletesebb, fejlettebb hallószervének lett f ontos alkotórésze. Ez a funkcióját vesztett szerv több más esetben is megfigyelt funkcióváltása. Ismét le kell szögeznünk, hogy nem közvetlen a szükséglet hozott létre egy új berendezést, hanem egy meglevő berendezés tette lehetővé egy új funkció bevezetését, majd e funkció pedig a létjogosultságot kapott szerv továbbfejlődését — az új funkció értelmében.

Ez itt úgy következett be, hogy a szögletcsont a hallószervet védő dobcsont (előbb csak gyűrű) szerepét vette át, a négyszögcsont és a kalapács pedig az *incus* (üllő) és *malleus* (kalapács) szerepében maradt fenn az emlősök hallószervében.

Miért foglalkoztunk ezzel olyan részletesen?

Elsősorban azért, mert ha egy állat megmaradt leletén a csontocskák egyike még az állkapocs kapcsolatában van meg, vagy legalábbis az állkapcson lenyomat alakjában megtaláljuk a helyét, akkor ez azt jelenti, hogy itt még nem alakultak át az állkapocs redukált csontocskái fülcsontokká — hiszen egyikük még állkapocsi kapcsolatban van meg. Ez pedig gyakorlatilag azt jelenti, hogy az állat — legalábbis a fülcsontok átalakulása tekintetében — még „hüllő"-fokon áll, vagyis semmiképpen nem emlősállat. Ellenben, ha az állkapocs már megállapíthatóan csak a dentaleből áll, akkor nyugodtak lehetünk, hogy az átalakulás már bekövetkezett, tehát az állat ekkor már az emlősök szintjére emelkedett, s már ezekhez sorolható rendszertanilag — legalábbis ebben a tekintetben.

És itt kezdődik az újabb baj!

Ismerünk olyan triász végi leleteket, amelyek emlős mivoltában soha senki nem kételkedett, semmiféle tekintetben, míg elő nem került az állkapocs is, amely viszont a napnál világosabban mutatta, hogy bizony ez az állat még hüllő — legalábbis ebben a tekintetben.

De hát mikor hüllő még egy állat, vagy mikor emlős már?

Bizony, meg kellett állapítanunk, hogy az egyes jellegek tekintetében a hüllő emlőssé válása igen különböző időpontokban következett be; vagyis az *emlőssé válás nem egybehangzóan és ellentmondást nem tűrően egyszerre következett be,* hanem — *tulajdonképpen teljesen logikusan — szinte jellegenként más-más időpontban.*

És ennek a felfedezésnek van egy nagy jelentőségű és döntő tanulsága: újra és újra rá kell döbbennünk, hogy a természetben a határok nem a fejlődési vonalak összekötő alakjai között vannak, hanem az egyes — egymástól távolodó — fejlődési vonalak közt. Természetellenesek az olyan elhatárolások, mint a hüllők és emlősök köztiek, viszont valódiak és természetesek az olyanok, mint pl. egyik oldalon az emlősökhöz, illetve másik oldalon a dinoszauruszokhoz vezető fejlődési ágak közé húzott rendszertani-fejlődéstörténeti határvonal.

Egyben azonban még egy kérdést meg kell világítani. Tudniillik ha valaki megkérdezi, hogy „ezek alapján tehát a hüllők és az emlősök közt nincs elvi különbség?", — akkor mégis azt kell válaszolnunk, hogy „de igen; van!"

Hogyan értsük ezt?

Úgy, hogy a fejlődés folyamatossága miatt alakilag folyamatos az átmenet, funkcióiban azonban nem. Egyszerűen azért, mert attól a pillanattól kezdve, hogy a folyamatos morfológiai változás új funkció-formát tesz lehetővé, ez elvi különbséget jelent — előbb csak funkcióban; morfológiailag addigra (úgyszólván észrevétlenül) talán régen bekövetkezett az átalakulás —, elvi valósággá azonban csak a funkcióváltás tette. A hüllők—emlősök vonalán, morfológiailag fokozatosan alakultak ki

azok a változások, amelyek összességével a szerkezet — szintén észrevétlenül — „átcsúszott" volna a magasabb, jelen esetben az emlős-stádiumba, a funkció azonban élesebb és elvi átváltást jelent; — ide kell tennünk elméletben a határt.

Gyakorlatban azonban ezt a pillanatot nem rekonstruálhatjuk, tehát *az átmenetet széles átmeneti időszakra kell kiterjesztenünk.*

Ez az időszak bizony az egyes lényeges jellegek nem egyidejű átváltása miatt eléggé kiterjed. A valóságban azt mondhatjuk, hogy egyes felső triászkori *Ictidosaurusok* fogazatuk minden jellegében már kétséget kizáróan emlősök. Nem is kételkedett ebben senki, de ugyanakkor nem egy ugyanilyen — kétségtelenül indokoltan az emlősökhöz sorolt — állatról egészen a jura közepéig terjedően kiderült, hogy állkapcsak még nem viseli azokat a kis csontocskákat, amelyek nélkül nem alakulhatott ki az emlős-hallóberendezés. Ezek tehát ilyen alapon nem is emlősállatok!

Ez az időbeli eltolódás pedig 20—30 millió évet jelent. Még földtörténeti méretekben sem rövid idő!

Az átmenetnek ez az óriási időtartama nem egyedüli oka a nehézségeknek, amelyekkel szembe kell néznünk. Még egy megoldatlan — és bizonyos finomsági fokon túl szinte megoldhatatlan — kérdéssel állunk szemben. Ez az emlősök egy- vagy többgyökerű eredetének kérdése.

Valahányszor egy újabb fejődési irányt vizsgálunk meg közelebbről, mindig meg kell állapítanunk, hogy *nem egyetlen vonalon indul meg az új fejlődés, hanem számos, egymással párhuzamosan, szinte egymással versenyezve haladó fejlődési ág,* rokonsági csoport halad rendszerint ugyanabban az irányban, s formálódik át ugyanazon fejlődési elv szerint. Ez a helyzet az emlősök kialakulásában is. Tucatnyi, egymással több-kevesebb rokon vonást mutató kisebb fejlődési ág halad szinte teljesen párhuzamosan az „emlőssé válás" útján. Ezek közül természetesen nem mindegyik jut célba; nem is haladnak ugyanazzal a sebességgel. De mégis: nemcsak egyetlen fejlődési ág jut el a „célba". Kétségtelen, hogy több közelebbi-távolabbi rokonságban álló *Therapsida*-ág érkezik el az emlős-stádiumba. Ennek alapján valamennyit egyöntetűen emlősállatnak kell tekintenünk. Ha tehát szigorúan vesszük a dolgot, akkor azt kell mondanunk, hogy az emlősök nem egy-eredetűek, tehát nem természetes fejlődéstörténeti egység. Viszont ennek megítélésében nem szabad túlzásba esnünk. Ugyanis ha egy nemzetség két fajáról kiderül, hogy egy megelőző nemzetség egy-egy fajára kell őket közvetlenül visszavezetnünk, akkor elmondhatjuk hogy ez a nemzetség nem természetes csoport, nem tekinthető fejlődéstörténeti egységnek. De ha pl. egy osztályról kiderülne, hogy nem egyetlen fajra vagy nemzetségre vezethető vissza, hanem ezek kisebb-nagyobb csoportjából ered, kezdettől több önálló, bár kezdetben még igen közelálló fejlődési vonalban indulva el, akkor még nyugodtan elmondhatjuk, hogy ez az osztály egységes eredetű. Az ide sorolt valamennyi alak rendszertani egysége vérrokonságon alapul.

Így állunk az emlősök eredetével is. Eredetük kb. két *Therodontia*-alrend képviselőire vezethető vissza. De itt sem egy-egy alakra, hanem számos különböző fejlettségű, alkalmazkodási irányt képviselő és eltérő életmódú típusra. Ami pedig e kérdést még tovább bonyolítja — az a tény, hogy mindezek már határozottan elkülöníthetők mint az egyes emlős-csoportok elhatárolt ősei, mielőtt tulajdonképpen emlősökké váltak volna. Éppen ezért, ha szőrszálhasogatók akarnánk lenni, azt kellene mondanunk, hogy az emlősök nem egységes eredetűek. Ezt azonban nemcsak az egységes szemlélet, jobb áttekintés és a vitatható részletek tisztázatlansága miatt nem tesszük, hanem azért sem, mert hiszen jól tudjuk, hogy minden elhatárolás elsősorban csak fogalomképzésünk segédeszköze, nem pedig a természet alkotása . . .

Visszatérve az emlősök eredetére, körülbelül a következőket állapíthatjuk meg.

A triász legvégéről, a triász-jura határáról már jó egy évszázad óta mind több apró, egérnagyságú ősgerinces maradványait, elsősorban természetesen fogait ismertük meg, amelyeket a kutatók rövidebb-hosszabb vita után végül is a legősibb emlősállat-maradványoknak nyilvánították. E fogacskák egy része két-három kúpsorból összetett, lapos koronát visel, más részük azonban erősen eltérő formájú: inkább hegyes, egy vagy három főkúpból és az ezek tövében meghúzódó kis járulékos kúpocskákból felépített koronát visel, vagy éppenséggel egyszerű, egyhegyű fogacskák, s tövükön elöl-hátul kis járulékos kúp-kezdemény van. Idővel a leletek nemcsak számban gyarapodtak, hanem teljesebbek is lettek; ma már nagyjából mindkét típus koponya- és állkapocsalkotását is ismerjük. Tudjuk, hogy az előbbi csoport (sokgumós fogai miatt a *Multituberculata* nevet kapta) koponyájának lecsapott, rágcsálószerű orr-része van, és egységes, előrenéző orrnyílás, két erős és mögötte két apró, rágcsálószerű metszőfog, hatalmas járomív, rendkívül fejlett koponyataraj (a rágóizmok tapadására) jellemzi. Ehhez mérten az állkapocs elöl rágcsálószerű, hatalmas metszőfogban végződik, hátul pedig a félelmetes rágóizmok felvételére igen terjedelmes felszálló ággal rendelkezik. Eddig ez a koponyaalkat — akárcsak a fogazat különleges alkalmazkodása is — a fejlődés igen magas fokára mutat, és sehogyan sem illik az ismert legősibb emlősállatokhoz.

És ezen a ponton következett be a meglepetés: a második világháború után ismertük csak meg igazán ezeknek az állatoknak a koponyáját és állkapcsát a dél-kínai Lufengből leírt *Bienotherium* révén. Az egy évszázad óta ismert, híres *Tritylodon*nak ugyanis csak az arckoponyáját ismerjük. Nos, ennek a *Bienotherium*nak az állkapcsa még többcsontú, vagyis az állkapocs hátsó végén még ott látható az emlősökben már levált és fülcsonttá átalakult redukált állcsontok helye. A *Bienotherium* tehát, akárcsak a vele egykorú *Tritylodon*, még nem tekinthető emlősállatnak — ha a redukált állcsontok fülcsonttá való átalakulását az emlőssé válás kritériumának tekintjük.

És most lássuk a másik csoportot.

Ennek koponyája a *Multituberculaták*, illetve használatosabb nevükön *Allotheriák* koponyatípusával szemben valóban kezdetleges, nincsen rajta semmi olyan átalakulás nyoma, amelyet életmód okozta különleges specializálódás hozott volna létre. Természetesen már itt is előre néz az egységes orrnyílás, de a fogazat csak a *Cynodontia*-specializálódást mutatja, vagyis a metsző-, szem- és zápfogakra való szétkülönülést. A zápfogak koronájának bonyolultabbá válása nem olyan mértékű, hogy emiatt ki kellene őket a *Cynodontia* közül zárnunk. Miért soroljuk mégis az emlősökhöz? Elsősorban azért, mert fogazatuk alakulása még jobban odaillik az emlősfogazat végtelen sokoldalú és bonyolult további fejlődésének kezdőpontjára. Ami azonban itt is igen zavaróan hat, az egyik-másik idesorolt alak állkapcsának kétségtelenül kimutatható további csontelemei — tehát a fülcsont-átalakulás hiánya alapján — még ezek sem igazi emlősök!

De hogyan állunk az emlősállatok többi jellemző tulajdonságával, amelyek alapján mindig oly élesen el lehetett különíteni őket a hüllőktől?

„Szőrzettel fedett testű, elevenszülő, »melegvérű« gerincesek, amelyek fiaikat emlőikből saját tejükkel táplálják" — mondja a zoológus.

A felsorolt négy jelleg közül a mi esetünkben gyakorlatilag egyik sem használható. Először: nem tudhatjuk, mikor történt meg a szőrruha kialakulása a pikkelyből, amelynek nyomait számos erszényes és rágcsáló máig is megőrizte a farkán. Másodszor: az elevenszülés ma sem kizárólagos sajátsága az emlősöknek (pl. elevenszülő sok más állat, pl. egyes cápák is), s az elevenszülés kialakulásának ma is igen különböző fokán állanak. Harmadszor: a „melegvérűség", az állandó testhőmérséklet is olyan fokozatosan kialakuló adottság, amely bizonyos mértékig ma sem tökéletes és a

mai emlősök közt — pl. a kacsacsőrű emlős esetében — még átmeneti állapotot mutat a „hidegvérű" hüllőkhöz. Végül negyedszer: az emlők és a speciális mirigyváladékkal, a tejjel való ivadéktáplálás sem jelent éles határt: a kacsacsőrű emlős itt is külön úton jár, illetve átmenetet jelent a „valódi" emlősök felé.

Mindezek alapján tehát elégedjünk meg azzal, hogy ismereteink eljutottak egy pontig, ahol már úgyszólván kézzelfoghatóan érzékeljük a „hüllő-stádiumból" az „emlős-fokozatba" való átmenetet — egyelőre élesebb elhatárolást nem tudunk keresztülvinni, de általános fejlődéstörténeti ismeretünk sem igényli ezt.

Más kérdés, hogy a rendszertan szakembere éppen itt, a legősibb emlősök (vagy az emlősökhöz átvezető legfejlettebb „hüllők") rendszerezésénél jut a legnehezebb helyzetbe ismereteink mai fokán.

A rendszertan dilemmája a következő: ha ezeket a legősibb alakokat a *Therapsida* rendszertani egységén belül igyekszünk elhelyezni, akkor a *Multituberculatá*kat és *Allotheriá*kat ezek *Ictidosauria*-alrendjébe tudjuk minden további nélkül besorolni, míg az összes többi emlőst — ha nem ugyanez, akkor — a hozzá legközelebb álló *Cynodontia* alrend veszi fel minden akadály nélkül.

Ugyanezt az emlős-rendszer felől nézve: a kép egészen másként fest. Először is az *Allotheria* és az összes többi emlős közti eltérés olyan nagy, hogy — ha az előbbieket egyáltalában már emlősállatoknak tekinthetjük — feltétlenül önálló alosztályokként állnak egymással szemben. A további, triász—jura határon és jurában élt alakok viszont még mindig annyira különböznek az összes többi (és későbbi) emlőstől — mégpedig nemcsak a fejlődési fok, hanem a fejlődési irány tekintetében is —, hogy bármelyikükkel szemben az összes későbbi emlősállat csak egységes rendszertani csoportként (alosztály) szerepelhet a rendszerben.

Ez azonban azt jelenti, hogy az egyik oldalon az emlősök a *Therapsida* 1—2 alrendjébe sorolhatók, tehát 1—2 alrend „rangúak", a másik oldalon viszont a több alosztályra bontott emlős osztály besorolása azt kívánná, hogy jóformán valamennyi *Therapsida* rendbeli alrendnek legalább osztály-„rangot" adjunk! Ez pedig az amúgy is túlságosan bonyolulttá váló rendszer végleges csődjét jelentené.

Vajon miért éppen itt, az emlősök ősi leágaztatásánál merül fel ez a kérdés?

A válasz igen egyszerű. Azért, mert itt már annyi adatunk van, hogy a rendszer és törzsfejlődési séma közti ellentét kirobban. Ahol még nincs ilyen vita, ott az ismeretanyag hiányossága miatt szunnyad a kérdés. De pl. a madarak esetében az egyik oldalról, ti. az ősi gyökerek felől már szintén felmerült ez a kérdés, amennyiben a hüllők specialistája a madarakat csak mint egy *Sauromorpha* rendet veszi tudomásul, szemben az ornithológus által a madarak számára a kétely legkisebb lehetősége nélkül mindenkor megkövetelt *osztály* besorolással.

Mindezek után az olvasó valószínűleg egyetért velünk, ha egyelőre nyitott kérdésként hagyjuk az emlősök élesebb elhatárolását *Therapsida*-őseik felé, és nem foglalunk állást az alrend—osztály „rang" vitájában sem. Ehelyett áttérünk az emlősök ismertetésére.

Vessünk még előbb egy pillantást visszafelé, az eddig végigtekintett gerincesfejlődésre. A gerinces-kialakulás első lépéseinél még a végleges támasztó-merevítő váz és a védőpáncél kialakulása, a végtagok megjelenése, elhelyezkedése, specializálódása, majd a fejváz változatos és sok irányú plasztikus változásai voltak azok a jellegek, melyeket nyomon követve a rendszertan és fejlődéstörténet az ősi „halszerű" gerincesek és halak kibontakozását megismerte.

A négylábúak megismerésében már a koponyaalkotás bonyolult változásai mellett a gerincoszlop bonyolult fejlődési folyamatai, és ezt kísérve a végtagok és támasztóvázuk alakulása voltak az iránymutatók.

Mindez gyökeresen megváltozik vagy legalábbis eltolódik az emlősöknél. Itt a fogazat végtelen aprólékosságú és vátozatosságú fejlődése az a vezérfonal, amelyre ismereteinket alapíthatjuk. Emellett a koponya alakulásának, főleg azonban a végtagalkotás semmivel sem egyhangúbb átformálódásának változatos irányai és lépcsőfokai csak szinte mellékes kiegészítői, úgyszólván elnagyolt keretei a megismert fejlődésnek és kapcsolatok tisztázásának. Az emlősállatok fogazatának végtelen változatosságával csak az *Ammonites*ek lobavonalainak alakgazdagsága és változatossága vetekszik — bizonyos mértékig. A fogazat segítségével kb. tízszer annyi részletet tudunk felfedezni, kb. tízszer annyi rendszertani—fejlődéstörténeti egységet tudunk rögzíteni, mint abban az esetben, ha történetesen csak koponya- és végtagcsontmaradványok alapján volnánk kénytelenek a kihalt emlősöket is megismerni. Ebből következik, hogy az emlősök fejlődéstörténetét is összehasonlíthatatlanul jobban ismerjük, mint a többi gerincesét. Végül ez a magyarázata annak is, hogy az emlősök felvirágzásának és uralmának időszakát, a harmad- és negyedkort is aránytalanul jobban ismerjük, mint a korábbi időszakokat. (Itt ősföldrajzi, ős-éghajlattani ismereteinkre, a földrészek közti összefüggések történetére és változásaira célzunk.).

Az emlősök — megjelenésük pillanatától kezdve — *öt élesen elkülönített fejlődési „törzset" képviselnek.* Ezekhez csatlakozik hatodiknak a csőrös emlősök kihalt képviselőiben ugyan nem ismert, de kisszámú élő alakjaiban is minden más emlőssel szemben álló, igen eltérő fejlődési ága.

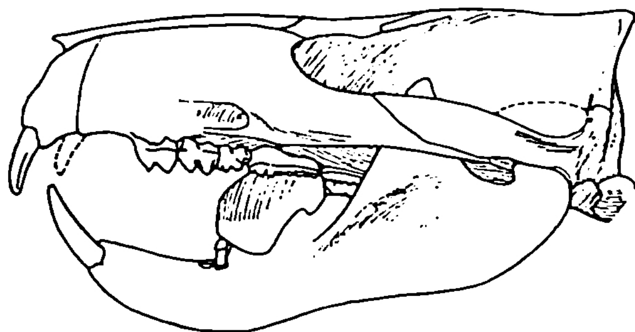
A csőrös emlősökkel — éppen korai őseik ismerete híján — nem sokat kezdhetünk. Szervezetük a fejlettség igen alacsony fokán áll. Testhőmérsékletük oly mértékben ingadozik a külső hőmérséklet hatása alatt, hogy még inkább kell őket a „hidegvérűek", mint a „melegvérűek", vagyis az állandó hőmérsékletűek közé sorolni. Mint láttuk, nem elevenеket szülnek, hanem tojásokat raknak és azokat költik ki, mint a madarak vagy a hüllők. A szó szoros értelmében vett emlősről sem beszélhetünk, de tejről sem. Mindezeken felül csontvázuk, koponyájuk, vállövük, végtagalkotásuk igen sok olyan vonást tükröz, amelyek még közelebb állnak a *Therapsida*-ősökhöz, mint a tulajdonképpeni emlősökhöz. Ehhez jön még egészen különleges zápfogalkotásuk, amely inkább az *Allotheria. (Multituberculata)*-fogazatra emlékeztet, mint bármely más emlős-csoportéra. Mindezek mellett ismert képviselőik (kacsacsőrű emlős, hangyászsün) igen messzemenő alkalmazkodása speciális életkörülményeihez azt mutatja, hogy a többi törzstől elszigetelten bár, de hosszú utat tettek meg a fejlődésben, míg mai alakjukat felvették. Ezt az elszigetelt utat igazolja elterjedésük is. Délkelet-Ausztrália és Új-Guinea területére korlátozott előfordulásuk az emlősállatok elterjedésének két olyan végpontját mutatja, ahová csak a legősibb szabású erszényesek jutottak el, vagyis a csőrös emlősök után a legkezdetlegesebb emlősök. Feltehető tehát, hogy ezek az állatok rögtön a mezozoikum legelején, a teljes emlőssé válás előtt szakadtak le a többi ágról, és azoktól elszigetelten, különleges helyi adottságaik és életfeltételeik közt fejlődtek ki mai formájukig.

A már többször említett *Allotheria*- vagy *Multituberculata*-ággal egészen más a helyzet. Ezek a triász végétől a harmadkor legelejéig, az eocén alsó részéig éltek, legalábbis Észak-Amerika, Kelet-Ázsia, és Európa akkori szárazföldjein, de lehet, hogy a terjeszkedés számára elérhető valamennyi földrészen. Az emlőssé válás kapcsán már jellemeztük koponyaalkotásukat, fogazat-típusukat e nehézkesen cammogó, medveszerűen talponjáró kis állatoknak. (45. ábra.) Csupán egyetlen képviselőjük, a *Taeniolabis* vagy *Polymastodon* nemzetség érte el a paleocénben a hódnagyságot. Ez volt kora állatóriása — ha összehasonlítjuk a mezozoikus óriásokkal—, bizony elég törpe „óriás". Csak jóval később érték el a legrégibb őspatások a tapír-nagyságot.

Míg az *Allotheria*-ág túlélte a szárazföldek leghatalmasabb óriásait — a 30 m-es

*Theropoda-Dinosaurus*okat —, addig a többi ősi ág, a *Triconodonták*, a *Symmetrodonták*, a *Docodonták*, és a *Pantotheriák* a jura végével eltűntek, pontosabban: a *Pantotheria* valamelyik oldalági leszármazottjai lehettek minden kétséget kizáróan a harmadkorban virágba szökkenő emlősállatok fejlődésének alapjai. (46. ábra.)

Az előbb említett 4 triász végi—jurakori ősi emlősállat-csoportot (a *Triconodonta*, a *Symmetrodonta*, a *Docodonta* és a *Pantotheria* ágakat) egységesen jellemzik az apró méretek, a hegyes rovarevő fogazat, és természetesen az igen kezdetleges, bizonyos vonatkozásokban — pl. a fülcsontok kialakulásában — hüllőkre jellemző tulajdonságok. Ezek mellett nyomát sem látjuk rajtuk az *Allotheria*-alkalmazkodás számos jellegzetességének. Fogazatuk még legalább 6—8 metszőfogból, alul-felül mindkét oldalon 1—1 szemfogból, 3—4 elő- és 4-től 9-ig terjedő számú utózápfogból tevődött össze. Ezzel szemben a magasabb rendű emlősöknek 6—6 metszőfoga, mindkét oldalon alul és felül 1—1 szemfoga, 4—4 elő- és 3—3 utózápfoga van. Az előbbiek fogai közül a metsző- és szemfogak egyhegyű, rendszerint egygyökerű fogak voltak, a zápfogak viszont kétoldalt lapított, kétgyökerű, egy középső főkúpból és ehhez elöl-hátul, esetleg oldalt is csatlakozó mellékkúpokból épültek fel. Ha azonban közelebbről is megnézzük ezeket körülbelül egér méreteű maradványokat, azt látjuk, hogy egymástól bizony igen lényegesen különböznek. Ez természetesen elsősorban a fogazatban mutatkozik, de pl. az állkapocs felépítése is alátámasztja a különbségeket.



45. *Az* Allotheria *ősemlősök egy paleocénkori képviselőjének* (Ptilodus) *koponyája*

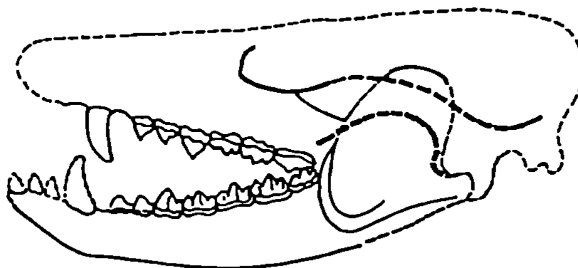


46. *Igen ősi emlősállat-típus rekonstrukciója*

Ezek az első tekintetre látszólag jelentéktelen eltérések válnak azután oly mély szakadékokká, amelyek nagy állat-csoportokat gyökerükig elválasztanak vagy megbízhatóan összekapcsolnak — év-tízmilliókat átfogó, bonyolult fejlődésük során. E különbségek vörös fonálként húzódnak végig az emlősök fejlődésén. Egy-egy zápfog-felépítési szerkezet mint valami bibliai eredendő bűn kíséri végig az egyes fejlődési törzseket; a fejlődés minden változásán átütve mutatja az ősi kapcsolatokat, és figyelmeztet, ha tévesen kapcsolunk össze két fejlődési fokot vagy irányt.

Ezért itt, az emlőssé válás első lépéseinél kissé alaposabban kell ezekkel a részletekkel foglalkoznunk. Eközben nem térünk ki az emlősfog kúpos alakulásának különböző elméleteire, hanem csak adatszerűen ismertetjük a fő típusokat, ill. ezek legfontosabb komplikálódási irányait.

Az első és legegyszerűbb — az ún. *triconodont* típus. Ennek zápfogai a főkúpon kívül egy elülső és egy hátsó mellékkúpot viselnek; az utóbbiak fokozatosan megközelítik a főkúp fejlettségét. Ezért a fejlettség csúcsán a triconodont fog három egymás mögötti, azonos erősségű kúpból áll. Ez az ősi fejlődési irány a jura végén utódok nélkül kihal. Egy évszázad óta ismert legfontosabb képviselője a *Triconodon* nemzetség, (47. ábra.) Észak-Amerika felső jura-rétegeiből. Jól ismertek Anglia középső jurakori lerakódásaiból is a *Phascolotherium* és *Amphilestes* nemzetségek primitívebb alakjai. Valamennyit jellemzi az állkapocs hatalmas fejlettségű koronanyúlványa, valamint a szögletnyúlvány teljes hiánya, ami a koponya-tarajhoz tapadó rágóizmok túltengő fejlettségével áll szoros kapcsolatban.



47. A valódi emlősállatok jurakori képviselőjének (Triconodon) *koponya-rekonstrukciója*

Kezdeti jelentéktelen eltérések — felső triászbeli *Kühneon* — után mind élesebben alakul ki a *Symmetrodonta*-ág jellegzetessége: az alsó állkapocsban a főkúpnak belső, a felsőben pedig annak külső oldalán kibontakozó mellékkúpok. Ez a kúpkialakulás harapáskor a zúzó, tehát a szó igazi értelmében vett rágószerszám első megvalósulása.

De ez a symmetrodont-fogazat sem tudott sokáig fennmaradni. A „nem sokáig" itt földtani mértékkel értendő, mert hiszen ez nem kevesebb, mint 30 millió évet jelent! A felső jura időszaki *Spalacotherium*mal ki is hal ez az Angliából és Észak-Amerikából ismert fejlődési irány.

Nem túl messze a symmetrodont-fogazat kialakulásától vehette kezdetét a *Pantotheria*-fogazat fejlődése. Ezt az alsó fogazatban a hátsó mellékkúp hátsó peremén keletkező kis zománcszalag vezette be, amely fokozatosan egy kis hátsó párkánnyá szélesedett ki. Ez a *talonid* később annyira kitágult, hogy rágáskor a felső fogsor szembekerülő fogának főkúpját fogadta be, miáltal a kúpok már nemcsak egymás mellé vágtak a rágáskor, hanem rágófelületükkel egymásra ütve mindinkább zúzást végeztek, miközben az egymás mellé csapó kúpok sínszerűen vezették a két szemben álló fogazatot a megfelelő zárásba. Ezzel kialakult a *Pantotheria*-csoport fogszerkezete, amely azonban ebben a formájában szintén nem élte túl a jura végét.

A pantotheriid-fogazat kialakulása az állkapocs felépítésében és ezen keresztül a koponya alakjában is jelentős változásokat hozott létre: az állkapocs-ízület alatt megjelent a szögletnyújtvány, vele párhuzamosan pedig kialakult a valódi rágóizomzat. Ugyanekkor elindult a koronanyúlvány fokozatos megkisebbedése, ami viszont a koponya-taraj és a rá tapadó izomzat fokozatos visszafejlődését jelenti. A megváltozott táplálkozás, illetve rágás-mechanizmus tehát a koponya és állkapocs messzemenő átalakulását vonja maga után.

A *Pantotheria*-ágat számos apró rovarevő alak képviseli. Ezek közül legismertebbek a középső jurabeli angliai *Amphitherium* és az észak-amerikai felső jurakori *Phascolestes.*

Az eddig tárgyalt, főleg jurakori csoportok mellett maradt még néhány apró termetű ősi alakot magában foglaló csoport, amelyet az előbbiek egyikébe sem lehet

nyugodt lélekkel besorolni. Bár régebben általában ezt tették, s csak újabban figyeltek fel fejlődésük elszigetelő jelenségeire. Különösen azóta határolják el élesen a többi triász végi—jurakori ősi emlőstípustól ezt a csoportot, amióta felső triászbeli képviselőik révén kiderült, hogy látszólag pantotheriid-szabású fogazatuk más úton érte el ezt a típust, vagy legalábbis egy ettől külsőleg nem túlságosan különbözőt.

Az eddigi típusoktól eltérő fogazat-fejlődésük nagyjából a következőkben rekonstruálható: korai triconodont fejlődési fokon a felső zápfogak belső felületéhez csapódó alsó zápfogakkal az ütközésben kialakuló zománcszalag viszonylag gyorsan fejlődött ki önálló belső kúppá, mely már az alsó fog belső felületéhez zárult. Itt viszont az alsó fogakon alakultak ki a korona tövében elhelyezkedő kis kúpocskák, s így a két fogsor záródása még tökéletesebb, a zúzó rágás még pontosabb lett. Ez a fogazat-típus igen kezdetleges formájában Európa (Anglia, Svájc) felső triászrétegeiből ismeretes *(Eozostrodon)*, közép- és felső jura alakjai *(Peraiocynodon, Docodon)* pedig főleg Észak-Amerikából kerültek napfényre.

A *Docodonta* nevű önálló fejlődési ág — fogazatán kívül egyéb vonatkozásokban is önálló utakon járt. Így már régről ismertük a többi egykorú emlőstípustól elütő, filigrán állkapocs-formáját, amelyen furcsán lefelé meredő keskeny nyúlványként jelentkezik a szögletnyúlvány is. Amit azonban a legutóbbi évekig nem tudtunk: ezek még a jura végéig megtartották az emlősállat-állapot előtti fülcsont-szerkezetet, amennyiben az állkapocs belső-hátsó felületéhez simulva még ott tapad a hüllő-állkapocs utolsó csontmaradványa, az emlős-hallószerv későbbi dobcsontja!

A jura végén egy időre megszakad az emlősállat-maradványok sora, és csak a kréta legvégén találkozunk újra velük. A közben eltelt — még földtörténeti méretekben is jelentős — 70 millió év érthető módon teljesen megváltoztatta, átformálta az emlősállatok egész szervezetét.

Már említettük, hogy az *Allotheria* kivételével nyomtalanul eltűntek a triászjurabeli ősi emlősök, illetve előemlős-csoportok. Helyüket merőben új típusok foglalták el, a jelek szerint ezek is kistermetű, jórészt rovarevő alakok voltak. Ebben tehát nem változtak meg különösképpen elődeikhez képest. Fogazatuk azonban jelentősen bonyolultabb és változatosabb lett, új elemekkel bővült, amelyeknek a felső jurában még nyoma sincsen.

Mik ezek az új elemek? A gyanakvás látszólag indokolt: a változás csak annyi, hogy az alsó zápfogak talonid-párkánya nagyon kiterjed, és egy-egy külső, hátsó és belső kúpra bomlik. Ezek azonban a három elülső kúptól, a trigonidtól abban különböznek, hogy emezekkel szemben feltűnően alacsonyak maradnak. Ugyanekkor elindul az elülső kúp fokozatos visszafejlődése. A fog rágófelülete tehát mindinkább a talonid-, a zúzófelület megnagyobbodása, túlsúlya felé tolódik el.

Az alsó zápfog-típusnak megfelelően a felső is megváltozik. A belső főkúp és a két külső kúp közti összekötő gerincen 1—1 új, kisebb kúp jelenik meg, az eredetileg 3-kúpú fog pedig 5-kúpúvá alakul. Ezek mellett a belső főkúp hátsó peremén zománcszalag keletkezik, s ez viszonylag gyorsan széles, lapos kúppá erősödik. Így a fog 6-kúpúvá válik, a szemben álló alsó fog megfelelő zúzó ellenpárjává.

Ezzel a hat elemmel gyakorlatilag kimerítettük az emlős-zápfog végtelen gazdagságú variációinak alapelemeit. A változatosságot ezek egyikének-másikának erőteljesebb vagy gyengébb kifejlődése vagy eltűnése, az egyes alkotóelemek egymáshoz viszonyítva némileg eltolt elhelyezkedése, aránya, végül az egyes elemeket összekötő gerincek—bordák végtelenül változatos kapcsolódása adja. Csak ritka esetekben jutott el a fejlődés olyan fokára, hogy az eredeti alépítmény nyomait sem tudjuk a kialakult fogképletben felismerni vagy belőle elemezni.

Mielőtt azonban a krétavégi emlősökre visszatérnénk, vázoljuk fel az emlős-zápfog kúpelemeit. Az alábbiakban közöljük ezek tudományos elnevezését is.

	Alsó zápfog	Felső zápfog
1. Főkúp	Protoconid	Protoconus
2. Elülső mellékkúp	Paraconid	Paraconus
3. Hátsó mellékkúp	Metaconid	Metaconus
—. Az 1—3 együtt	Trigonid	Trigon
—. Az 1. és 3. mögötti rész	Talonid	Talon (Hypoconus)
4. Külső talonidkúp	Hypoconid	— — —
5. Hátsó talonidkúp	Mesoconid (Hypoconulid)	— — —
6. Belső talonidkúp	Endoconid	— — —
7. Az 1.—2. közti kúp	— — —	Paraconulus
8. Az 1. és 3. közti kúp	— — —	Metaconulus

Ahol a kúpok eredeti jellegüket teljesen elvesztve, hosszanti vagy keresztirányú gerincekké formálódnak át vagy kapcsolódnak össze, ott szokásos még a nevek helyrangját jelző proto-, para- stb. tagok után a -conus, illetve -conid helyett -lophus, illetve -lophid jelzést kapcsolni.

E kitérés után azonban forduljunk vissza a kréta végi emlősállat-csoportokhoz, illetve azokhoz, amelyeket fogazatuk fejlődési iránya alapján a *Pantotheria*-fogszabás ún. triconodont, illetve trituberculáris fogfejlődése és annak továbbalakulása jellemez.

Előre kell bocsátanom, hogy nem volna itt értelme az egyes kialakuló fogazattípusok elemzésének. Ez bizony még a vele foglalkozó specialistáknak is igen komoly gondot okoz. Nem mintha oly távol állnának egymástól, hogy összefüggéseik bizonytalanná válnak, hanem éppen ellenkezőleg: szinte ahány típus, annyiféle későbbi nagy fejlődési csoportra emlékeztet kezdetleges fokon. Egymástól azonban annyira nem különböznek, hogy képtelenség volna ezt az egységes társaságot a későbbi nagy fejlődési csoportokkal levő kapcsolataik alapján szétszakítani. Annál is inkább nem tehetjük ezt, mert gyakran nemcsak egy, hanem két-három későbbi csoport, sőt nem egy esetben egész sereg ilyen fejlődési vonal jellegeit egyesítik magukban, kezdetleges fokon. Ezek a kréta végi alakok tehát még nem specializált, hanem generalizált típusai, még magukban hordják mindazokat a jellegeket, amelyek később szétágazó leszármazottaik közös tulajdonságai lesznek. Ezért ma még a lehetetlenséggel határos megmondani, vajon egy szóban forgó típus a későbbi patásállatok, a ragadozók, a rágcsálók, vagy netán a félmajmok-majmok legősibb képviselője-e. Itt még mindezek a felismerhetetlenségig összefolynak. Ez viszont azt mutatja, hogy a későbbi emlősállatok, vagy legalábbis a rovarevők, a ragadozók, a rágcsálók, a majmok és a patások gyakorlatilag mind a kréta végi generalizált ősi csoport leszármazottai.

És a többiek?

Attól függ, hogy melyik csoportokról van szó. Itt elsősorban az erszényeseket, azután a ceteket, a fókákat és a denevéreket kell említenünk.

Mindezek közül kétségkívül a leginkább elszigeteltek az erszényesek. Itt nem közismert primitív jellegeikre utalunk. Ilyen az erszénycsont; az igen kezdetleges fejlődési fokon — embrióként — megszült fiókák különleges felnevelése az erszényben; vagy a méhlepényt még nem fejlesztő méh-berendezésük. Ezek a tulajdonságok a többi emlős fejlődésének igen korai szakaszában körülbelül ugyanilyenek lehettek. Ezek tehát csak a meglassult, visszamaradt fejlődés bizonyítékai, de nem szólnak a többi emlőssel való közelebbi rokonság, illetve közös eredet *ellen*.

Ugyanakkor ismerünk számos, a közös eredet ellen szóló tulajdonságot is az erszényeseken. Ilyen például az erszényesek egyes fogtípusainak a többi emlősökétől

teljesen eltérő száma. Míg ugyanis az ún. méhlepényes emlősök fogazata — ősi formájában (tehát nem redukált állapotában) — alul-felül, mindkét oldalon 3—3 metsző, 1—1 szem-, 4—4 elő- és 3—3 utózápfogat tartalmaz, addig az erszényeseknél ennek maximálisan 5—5 metsző-, 1—1 szem-, 3—3 elő- és 4—4 utózápfog felel meg. Ha visszagondolunk arra, hogy a jura ősi emlősállat-típusai is 3—3 metsző-, illetve 4—4 előzápfoggal rendelkeztek, akkor be kell látnunk, hogy az erszényesek csak olyan ősi alakoktól vezethetők le, amelyek már a viszonylag redukált metszőfogú jurakori ismert csoportokból sem származhatnak. Ezt támasztja alá az erszényesek 3—3 előzápfogának nem redukciósan lérejött eltérő száma is.

Ez azonban azt bizonyítja, hogy az erszényesek ősei már a jura folyamán különálló fejlődési vonalat képviseltek, amelyet magas metszőfog-szám, eltérő elő- és utózápfog-számarány, ezek mellett pedig néhány további elszigetelt sajátság, mint az állkapocs befelé fordult szögletnyúlványa, a dobcsont más eredete (nagy részében a koponyaalap szárnycsontja alkotja), és más, itt nem részletezhető, de fejlődéstörténetileg fontos sajátság is alátámaszt.

Hol alakult ki ez a csoport? Erre egyelőre nem tudunk választ adni, de mindaddig korai volna ezzel a kérdéssel foglalkozni, amíg Ausztráliából, az erszényesek klasszikus hazájából felső jégkorszaki, tehát alig 15—20 000 éves leleteknél biztosan *idősebb* erszényes maradványokat nem ismerünk, s az erszényesek másik nagy elterjedési területéről, Dél-Amerikából a mezozoikumi emlősökről egyáltalában semmit nem tudunk.

Itt önkéntelenül arra gondolunk, hogyan lehetséges, hogy az erszényesek ma Ausztrálián és a hozzá csatlakozó szigeteken (Új-Guinea stb.) kívül éppen az oly távol fekvő Dél-Amerikában és Közép-Amerikában élnek? Erre nyomban azzal felelhetünk, hogy a harmadkor első részében — a felső oligocénig — Európában is éltek még erszényesek, mégpedig a mai észak-amerikai oposszum legközelebbi rokonai. Egy fajukat pl. a Bakony peremén, Bodajk határában nemrég felfedezett oligocénkori sziklahasadék tízezernyi apró csontmaradványa között találtuk meg. De a földtörténet folyamán Európa és Észak-Amerika közt szárazföldi összeköttetés csak Északkelet-Ázsián, a Bering-szoroson át volt időről időre. Ez azt jelenti, hogy valamikor Ázsián át Ausztráliától Európáig, és Észak-Amerikán át Dél-Amerikáig mindenütt el voltak terjedve az erszényesek. Idők folyamán azonban Európában és Ázsiában kihaltak. Amerikában is (egyetlen faj kivételével) visszahúzódtak a trópusi Közép-Amerikába és Dél-Amerikába. Így jött létre a kettészakadt elterjedési terület.

Egyre azonban itt is fel kell hívnunk a figyelmet. Az európai óharmadkori erszényesek a dél-, illetve észak-amerikai erszényeseknek legközvetlenebb rokonai. Ám az ausztráliai ággal — azon túlmenően, hogy ezek is erszényesek — semmi közelebbi kapcsolatban nem állnak. Ez pedig azt igazolja, hogy az erszényesek egy része valószínűleg ausztráliai elterjedési területéről Ázsián—Észak-Amerikán át eljutott Dél-Amerikába, illetve Európába is. Az utóbbi helyen egyetlen kis csoportjuk élt csak, míg közép- és dél-amerikai elterjedési területükön több ágra szakadva virágzó fejlődésnek indultak.

Megint csak különös, hogy ennek a fejlődésnek a csúcsát elérő csoportok, a *Sparassodonta* nevű dél-amerikai félelmetes ragadozók a pliocén vége előtt mind kipusztultak. De ugyanígy kipusztultak az oposszumok és a ma csak Közép-Amerikában élő specializált, redukált fogazatú *Caenolestes*-félék számos rokona is, hiszen ma csak egyetlen águk, valamennyi közt a legprimitívebb szervezetű, legkevésbé specializált fogazatú oposszumok, a *Didelphidák* élnek, az említett *Caenolestidák* mellett.

Más a helyzet Ausztráliában. Itt mint valami természetvédelmi parkban, ahol növény és állat védve volt minden veszedelemtől — különösképpen a fehér ember megjelenése előtt — zavartalan egyensúlyban élt a földrész csőrös emlősökön kívül

kizárólag erszényesekből álló emlős állatvilága. Nem lévén versenyképes ellenlábasuk, elfoglalták és birtokba vették az egész kontinenst. Ellepték erdeit, fáit, bozótosait füves pusztáit és vízparti ligeteit, állóvizeit és folyóit, sivatagjait. Nem elégedtek meg a föld felszínével sem: röpködő alakjaik a levegőt, vakondszerűen alkalmazkodott formáik pedig a föld mélyét is elfoglalták. Kialakultak rovarevő, kis és nagy ragadozó típusaik, egérszerű kis rágcsálók és nagy növényevők egyaránt. Valamennyi típus ugyanúgy kiegyénült itt mint, a többi emlősök szétágazó specializálódásából a többi földrészen —, csak talán valamivel ezek előtt. Természetesen az erszényes „repülőmókus" semmi kapcsolatban nem áll hasonló nevű rágcsáló névrokonával. Az erszényes „farkas" sem farkas-rokon, de azért az életmód hasonlóságának hatása alatt létrejött külső hasonlóságok mégis megdöbbentők. Természetesen alakultak ki különleges típusaik is. Ilyen például a kenguruk tömege. Ezek sem hasonlíthatók sem az ugróegerekhez, sem a többi földrész más, kétlábon ugráló állatához.

Hogyan differenciálódtak ennyifelé az ausztráliai erszényesek, és milyen fejlődésen mentek át közben? — bizony nem tudjuk. De azt sem, hogy a fejlődés egyes fokozatain *mikor* mentek át. Kihalt maradványaik nem vezetnek vissza a régmúltba, a jégkorszakon túl, amikor néhány hatalmas, ma már kihalt képviselőjükön, az orrszarvú-nagyságú *Diprotodon*on, a hatalmas ragadozó *Thylacoleo*n kívül jóformán csak a mai alakok éltek. Ezek a teljes fogazatú, rovarevő-ragadozó ún. „ausztráliai oposszumok", az erszényes farkas *(Thylacynus)*, továbbá a rágcsálószerűen redukált fogazatú sokféle alak: bandikut, koala, vombat, és az erőteljes farkukra támaszkodva, hatalmas hátsó lábaikon ugrálva közlekedő, visszafejlődött mellső végtagú sokféle kenguru *(Macropus)*.

Ha az erszényesek eredetét és kialakulását bizonytalannak mondtuk, akkor sokszorososan áll ez a most következő három csoportra, elsősorban a cetekre. A cetek (delfinek, fizéterek, bálnák) a tengeri élethez — a tüdőlégzés megőrzésén kívül — minden vonatkozásban a legmesszebbmenően alkalmazkodott emlősállatok. Mellső végtagjaik tökéletes uszonyokká idomultak, a hátsók teljesen visszafejlődtek, helyettük hatalmas úszófarkuk alakult ki. Egész testükkel — akárcsak a nyílt vízi úszó életmódhoz a legtökéletesebben alkalmazkodott halak — a úszó, mélybe lebukó, ragadozó vagy apróállat-evő életmódhoz alkalmazkodtak. Közülük kerültek ki minden idők legnagyobb ismert emlős óriásai, a 30 m-t meghaladó testhosszúságú és 150 000 kg-ot elérő testsúlyú kolosszusok. Fogazatuk vagy nagyszámú hengeres-kúpos egyszerű fogból áll, vagy erősen redukált. Esetleg — mint valamennyi bálnáé —, embrionális korban kihull, és helyét a szájpadlás szarunemű redőkké átalakult nyúlványai, a szűrőkként működő szilák (ún. halcsont) helyettesítik.

Nem csoda, hogy ezeket az állatokat csak a XVIII. század második felének tudománya kezdte rendszeresen az emlősállatok közé sorolni. Addig bizony halaknak nézték őket (cethal), sőt még azután is — egy évszázadnál tovább — az összes többi emlőssel szembeállítva önálló rendszertani egységként kezelték a ceteket. Csak a múlt században ismerték meg a szakemberek a *Zeuglodonták* néven összefoglalt oligocén időszaki ősceteket, melyek végre közelebb hozták a ceteket a többi emlőshöz. Azt azonban, hogy milyen mértékű ez a kapcsolat, máig sem sikerült tisztázni. Sőt, elmondhatjuk, hogy a legújabb vizsgálatok tükrében a kérdés újra bizonytalanabbá vált. Mi ennek az oka?

Az ősi *Zeuglodonták (Protocetus, Pappocetus, Basilosaurus, Dorudon* stb.) az egyiptomi, észak-amerikai, új-zélandi stb. középső és felső eocénben megnyúlt testű, inkább ragadozóra, mint cetre emlékeztető koponyájú, alig redukált hátsó végtagú alakok voltak. Ennek alapján hosszú ideig elintézettnek tekintették, hogy a cetek fejlődése az ősi ún. *Creodonta* ragadozókból vezethető le.

Ennek a levezetésnek azonban sokak szemében ma két dolog szögesen ellentmond. Az egyik, hogy a *Zeuglodonták* már az eocén közepén gyakorlatilag kialakult cetek, mellső végtagjuk uszonnyá formálódott. A testen belül még megmaradt, de már nem működő végtagot hordó hátsó mozgásszervük az úszófarok. Ugyanakkor a *Creodonták* még a patásoktól alig elválasztható, teljesen kezdetleges ősemlősök, melyek össze sem hasonlíthatók a velük egy időben élt *Zeuglodonták* — amúgy is teljesen más irányú — fejlettségi fokával. Ezenkívül a *Zeuglodonták* fogazata a legtávolabbi kapcsolatot sem mutatja a legősibb ragadozóknak a kréta végi bonyolult trituberculáris fogazatra visszavezethető fogazat-felépítésével. Arra kell tehát következtetnünk, hogy a cetek az emlősök kialakulásának a *Triconodontákkal* távoli kapcsolatot mutató, önálló ága. Igen korán alkalmazkodtak a vízi életmódhoz, ami a harmadkor legelején már befejezett tény volt. Az eocén folyamán tulajdonképpen már csak „technikai javítások"-ra került sor, amelyek erősen lassított menetben úgyszólván a negyedkorig zajlottak. Ilyen „javítások" voltak: az orrnyílás hátravándorlása a koponyatetőre, ezzel párhuzamosan az orrcsontok redukciója; a légzés és a táplálékfelvétel útjainak az elválasztása; a nyakcsigolyák összenövése a fej-törzs-kapcsolat szilárdítására és az úszás biztonságának növelésére; ilyen a törzs megrövidülése — az erőteljesebb úszás érdekében stb. Közben lépésről lépésre követhető volt a hátsó végtagok csontelemeinek fokozatos redukciója, ami a századforduló darwinista-lamarckista vitákba bonyolódott szakembereinek egyik kitűnő „csemegéje" volt.

Amit még itt megjegyezhetünk, az a cetek törzsfejlődésének korábbi (eocén—alsó miocén időszakaira korlátozott) csonttömörülése. Ez a vízi életmódra áttért szárazföldi gerinceseken általános jelenség valószínűleg azt a célt szolgálja, hogy a lemerüléskor nagy levegőtartalékot magába szívó test a víz felhajtó erejével szemben megfelelő ellensúlyt biztosítson a lemerüléshez. (Itt megint ne valami célszerűségi összefüggést keressünk, hanem elégedjünk meg azzal, hogy vízi életmód következtében az állat fiziológiájában beállott zavarok csonttömörülésre vezettek—, ez azonban úgyszólván „kapóra jött" a lemerülés megoldásához.)

A cetek a világtengerek lakói. Nincsenek szűkebb területekhez kötve; a múltban sem voltak. Egy-egy csoportjuk megjelenése tehát soha sem volt valamely tenger különlegessége. Csak időbeli egymásutánjukból tudunk némileg összefüggéseikre következtetni.

Két nagy egységüket különbözteti meg a rendszertan. Ezek a *Zeuglodonták* és a valódi cetek. Megkülönböztetésüket az teszi szükségessé, hogy a *Zeuglodonták* mellett párhuzamosan az eocén végétől ismerünk valódi ceteket, anélkül, hogy a két csoport közt átmeneteket találnánk. Ebből az következik, hogy fejlődésükben egymás mellett futottak, nem egymásból származtak le. A *Zeuglodonták* eddigi ismereteink szerint nem lépték túl az alsó miocént.

A valódi ceteket három csoportra osztjuk: *fogascetek*re, *delfinek*re, és *bálnák*ra. A fogasceteket a felső eocéntől ismerjük. Számtalan nemzetségük lepte el a múlt óceánjait és beltengereit. A magyar beltengerből sem hiányoznak miocénkori maradványaik. Legősibb képviselőik és egy oldaláguk, a *Squalodon*ok, a miocén végéig, még a *Zeuglodontá*kra emlékeztető, többkúpos fogakat viseltek állkapcsukban.

A delfinek a miocén eleje óta jóformán minden tengerben élnek; miocénkori képződményeinkben a *Heterodelphis*, *Acrodelphis* és más nemekhez tartozó maradványaik nem ritkák. Anglia, Belgium, Hollandia területéről azonban a pliocénből is számos maradványukat írták le.

Végül a bálnák *(Mystacoceti)* fejlődési ága az oligocén közepe táján már megvan a tengerekben. A magyarországi miocén-üledékből egész csontvázát írták le *(Mesocetus hungaricus)*, a *Cetotherium* és más nemzetségek fajai pedig százával kerültek

elő Európa, Észak-Amerika, Dél-Amerika és más területek harmadkori tengeri képződményeiből. Mai képviselőik közt van az állatvilág legnagyobb óriása, a 30 m-t meghaladó hosszúságú kékbálna *(Sibbaldus musculus)*, vagy a 150 tonnát megközelítő súlyú északi bálna *(Balaena mysticetus)*. Nagy fajgazdagságuk és óriásaik minden eddigi állatét meghaladó méretei azt mutatják, hogy fejlődő, vagy legalábbis fejlődése csúcsán álló csoporttal állunk szemben. Nem hanyatló fejlődésnek vagyunk itt tanúi — természetesen ha nem vesszük tekintetbe az ember közbelépése okozta eltolódásokat.

Ha a cetek eredetét egyelőre nem tekintjük kellően tisztázottnak akkor sokszorosan elmondhatjuk ezt a másik tengerben élő emlősállat-rend tagjairól, a fókák-rozmárok igen elszigetelt fejlődési ágáról. Pedig még nemrégen teljesen tisztázottnak vették ezt a fejlődési vonalat; mint valami magától értetődő egyszerű tényt könyvelték el, hogy ez a rend — illetve mint feltételezték: ragadozó-alrend — valahonnan a medvék ősibb képviselőiből szakadt le a harmadkor korábbi szakaszában. A sors gúnyaként hat, hogy a medvék ma is a legkevésbé ismert eredetű ragadozók. Legkorábbi ismert képviselőik a pliocén végén éltek, ám a fókák legősibb alakjai sem primitívebbek, mint a ma élők. Sőt fogazatuk — típusos triconodont fogazat, specializált vagy leegyszerűsödött alakban — a legtávolabbi kapcsolatban sincs egyetlen ragadozóéval sem, legyen az élő vagy kihalt ősi típus. Mindezek tisztán jelzik, hogy a fókák-rozmárok az emlősök trituberculáris fogazat-specializálódása előtt, illetve egy triconodont egyszerű fogazatú fejlődési irányától igen korán elválva alkalmazkodtak a vízi élethez. Alkalmazkodásukat követően fejlődésük annyira lelassult, hogy az utolsó 25—30 millió évben már számbajövő további fejlődést nem is értek el. Ebben a tekintetben talán egyedül a rozmárok speciális fejlődési iránya a kivétel, amennyiben feltételezhető, hogy ez az oldalág viszonylag későn szakadt le a ragadozó fővonalról és alkalmazkodott különleges életkörülményeihez. Biztos adatunk azonban erre sincsen.

Az „úszólábúak" *(Pinnipedia)* rendje, vagyis a fókák—rozmárok fejlődési ága sokkal kevésbé alkalmazkodott a tengeri élethez, mint a ceteké. Nem is szakadt el annyira a szárazföldtől, amelyhez — legalábbis a párzás és fiatalok felnevelése miatt — kötve van, de amúgy sem él kizárólagos tengerlakó életet: a vízbe mindig táplálékszerzés céljából megy be, illetve a veszély elől. Egyébként a szárazon heverész. Ennek megfelelően mellső végtagjai úszókká alakultak ugyan, belső váza azonban csak kis mértékben változtatta meg járóvégtag szabását. Hátsó végtagjai — ha esetlenek is a szárazon — messzemenően úszóvégtaggá való alkalmazkodásuk ellenére nagyrészt a test alá húzható, járásra is alkalmas végtagok maradtak. Farokúszójuk sem alakult ki. Elmondhatjuk, hogy a fókák inkább külső testformájukban váltak tökéletes víziállatokká; csontvázuk fejlődése ezzel nem tartott mindenben lépést. Ez azonban nem egy folyamatos fejlődés pillanatnyi, kezdetlegesebb foka, hanem — úgy látszik — egy fejlődés megállapodott csúcspontja, ahonnan már nem várható további kirobbanó ütemű fejlődés.

Három természetes csoportjukat, családjukat különböztetjük meg: a *valódi fókákat*, a *fülesfókákat* és a *rozmárokat*. Míg az előbbiek kivétel nélkül igen falánk ragadozók, addig az utóbbiak hatalmas felső szemfogakkal (rozmár-agyar) felfegyverzett, jámbor „legelő" állatok, ami alatt kagylót-csigát, rákot és más tengeri héjas-páncélos kisállatot evő, nem határozottan ragadozót értünk. Legrégebbi adatok a fülesfókákról maradtak fenn az oligocén-miocén határáról *(Allodesmus, Desmatophoca)*, míg a *Miophoca* révén a valódi fókák a miocén közepétől, a *Prorosmarus*ban pedig a rozmárok a felső miocénben már képviselve voltak. Földrajzilag a fülesfókák csendes-óceáni eredetre utalnak, míg a valódi fókák nagy része a Tethys-tengerre (a Földközi tenger ősére) utal.

A „modern" emlősök harmadik bizonytalan eredetű csoportja a denevéreké. Általános — de bizonyítani soha meg sem kísérelt — vélemény szerint a rovarevők egy oldalágából alakultak ki.

Ha közelebbről nézzük meg ezt az elszigetelt fejlődési ágat, — a következőket kell leszögeznünk:

A végtagok közt a test oldalán és a mellső végtagok hatalmasan meghosszabbodott ujjai közt, a testoldalon kifeszített vékony bőrredővel mint szárnnyal repülő, rovar- vagy gyümölcsevő, hegyes-kúpos fogazatú, nagyrészt kis emlősök. Ez volna a ma élő denevérek definíciója. Ha azt kérdezzük, hogy ezzel szemben milyenek voltak a legelső ismert denevérek, — csak azt válaszolhatják, hogy szakasztott ugyanilyenek. Ismerünk egész sereg denevért a középső eocénből, amikor még mai faunánk egyetlen nagyobb csoportja sem jelent meg. De ezek a legősibb denevérek nyugodtan besorolhatók volnának a mai alakok közé. Fogazatukban ugyan találunk ősi jellegeket de ezek elenyésznek a mai alakok közt e tekintetben fennálló különbségek mellett. „Szárnyalkotásuk", repülőkészségük anatómiai bizonyítéka sem marad el semmivel a maiaké mögött, semmiben sem különbözik lényegesen ma élő utódaiétól.

Mindez azt jelenti, hogy a denevérek az eocén közepén — tehát kb. 50—55 millió évvel ezelőtt — már úgyszólván mai fejlettségi fokukig specializált csoport voltak; azóta esetleg csak változatosságuk gyarapodott újabb típusokkal, de lényegesen tovább nem fejlődtek. Ez viszont azt jelenti, hogy a középső eocénig igen hosszú idő telhetett el attól kezdve, hogy az első repülni tudó denevérek kialakultak; hát még azóta, hogy fán mászkáló-ugráló őseik a denevérré válás útjára tértek.

Ez a meggondolás kényszeríti a kutatót arra, hogy a denevérek eredetének kérdésében a legnagyobb óvatossággal járjon el. Nem ágazhatott le a denevér-törzs azokból a rovarevőkből, amelyek a feltételezett leágazás időpontjában még korántsem voltak olyan fejlettségi fokon, amilyenről a denevérek elindultak. Ezért kell a rovarevő-eredetet — legalábbis egyelőre — fenntartással fogadnunk, vagy még inkább elvetnünk. Pillanatnyilag sokkal valószínűbbnek látszik, hogy a denevérek *(Chiroptera)* eredetét közvetlenül azokra a mezozoikumi ősemlősökre kell visszavezetnünk, amelyek a *Pantotheria* fejlődési ággal egyszerre, ezek mellől szakadtak le. Többet azonban erről a kérdésről egyelőre nem mondhatunk — hacsak nem akarunk a múlt század második felében széltében-hosszában dívott „hipotetikus ős", „átmeneti alak" és más fantáziaszülemény felállításának a hibájába esni.

Azt pedig, hogy a denevérek specializációja milyen korán érte el a mai típus kialakulását, — a legjobban az Olaszországban felfedezett alsó oligocéni *Archaeopteropus* — egy valódi repülőkutya — maradványai igazolják. A gyümölcsevő ún. nagydenevérek *(Macrochiroptera)* mellett természetesen ugyanekkor szinte mai formájukban éltek már a patkósorrú denevérek és rokonaik *(Pseudorhinolophus, Vespertiliavus, Necromantis, Revilliodia* és mások*)*, és jóformán valamennyi mai család képviselői, melyek a kis-denevérek *(Microchiroptera)* rovarevő denevér-ágát képviselik.

A denevérekkel tulajdonképpen lezártuk azoknak az emlős-csoportoknak a sorát, amelyek többé-kevésbé elszigetelten alakulhattak ki a legősibb *Pantotheria*-szerű generalizált típusokból. Valamennyi többi kis és nagy ág egyaránt 2—3 fő fejlődési törzs tőben elválaszthatatlanul összenőtt szétágazása. Természetesen ezek határai is elmosódnak a mezozoikum és a harmadkor határán; nemcsak a típusok egyöntetűsége, hanem még sokkal inkább a rendelkezésünkre álló vizsgálati anyag szegényessége és tisztázatlansága miatt.

E csoportok egyike — mai ismereteink szerint — a rovarevők egyik ágát, a félmajmokat és a majmokat, a másik a rágcsálókat, a harmadik a rovarevők másik, nagyobb részét, a foghíjasokat, a ragadozókat és patásokat foglalja magában. Termé-

szetesen néhány kisebb csoport (pl. nyulak, földimalacok stb.) is tartozik ide, hol az egyik, hol a másik főcsoport leágazásaként.

Már ebből a felsorolásból is látható, hogy a rovarevők osztályozása körül valami zavar van, vagy pedig a rovarevők az a törzscsoport, amely még annyira egyesíti magában a későbbi csoportokban szétágazó és elkülönülő közös sajátságokat, hogy lehetetlen az egyes későbbi fejlődési ágakat ezen a csoporton belül elkülöníteni.

Valamennyi nehézség valóban fennáll itt, de leginkább arra kell mégis hivatkoznunk, hogy éppen a legkorábbi, kréta-paleocén-eocén korú alakok ismeretében mutatkoznak komoly hiányok, ezeket a régi leletcsoportokat ismerjük a leghiányosabban, pedig éppen ezekből kellene a legtöbb alakot ismernünk, hogy a későbbi szétágazás számtalan részletkérdésében segítségünkre legyenek.

A rovarevők *(Insectivora)* ismertetését azzal kell kezdenünk, hogy mai alakjaik egyáltalán nem adnak egységes képet; ezek is inkább azt a látszatot keltik, hogy számos — primitívebb szervezettségük alapján összefogott, nem pedig rokonsági kapcsolataik szerint összetartozó — önálló fejlődési ágat kapcsol itt össze a kutatás.

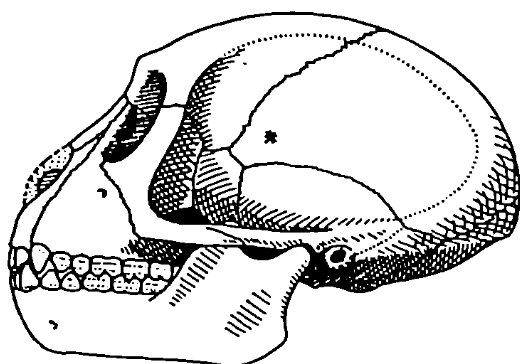
És így is van! Az utóbbi évtizedek részletkutatása ezt több esetben bebizonyította. Az idevágó vizsgálatok eredményei még nem adnak tiszta képet, de egy vonatkozásban körülbelül kikristályosodott az álláspont: a tágabb értelemben vett rovarevők egy ága, az ún. mókuscickányok *(Tupaioidea)* semmiképpen nem sorolhatók a többi rovarevővel azonos rendbe, illetve közös fejlődési ágba. A Délkelet-Ázsia (Malájföld, Indonézia, Fülöp-szigetek) őserdeiben élő mókuscickányok — az oligocéni *Anagale* és más rokon nemzetségig visszamenően — semmiféle rokonságot nem mutatnak a valódi rovarevőkkel, ellenben igen sok sajátságukban a félmajmokra emlékeztetnek, csak kezdetlegesebb fokon. Így pl. közeli kapcsolatra enged következtetni a két csoport koponya- és fogazat-felépítése. Igen jellegzetesen hasonló szabású a medencecsontjuk; mindkettőé jelentősen eltér a valódi rovarevőkétől. De sorolhatnánk számos további anatómiai sajátságot is, amelyekben a két csoport megegyezik. Mindezek alapján nyugodtan mondhatjuk, hogy a mókuscickány a félmajmok—majmok fejlődési ágával közös eredetű, csak az ezekével szemben meglassult továbbfejlődése miatt viszonylag primitív fokon maradt meg, illetve sokkal primitívebb fokig jutott csak el, mint a félmajmok (melyeknek viszont a belőlük kiágazó valódi majmokéhoz képest lassult meg fejlődésük).

Az őserdő igen rosszul konzerválja az állatmaradványokat. A fán lakó őserdei állatok maradványai az őslénytanban mindig ritkaságok. Csak véletlenül mocsárba fulladt vagy árvíztől elsodort állat maradványai őrződnek meg, különben az őserdő buja növényzetének felbomlásakor keletkező humuszsavak a legrövidebb időn belül felbontják a csontot, fogat, s az állatnak az utókor számára hírmondója sem marad.

Ez a magyarázata annak is, miért oly ritkák — és bizonytalanok — a mókuscickányok maradványai a régmult időkből. Egyetlen megbízható maradványa a mongóliai alsó oligocénből származó *Anagale*. Ez viszont alig tér el a mai alakoktól. És egyben ez az oka annak, hogy rokonsági kapcsolataikat inkább ma élő alakjaik *(Tupaia, Ptilocercus)* anatómiai sajátosságai alapján igyekszünk tisztázni, mintsem korai elődeikre támaszkodva.

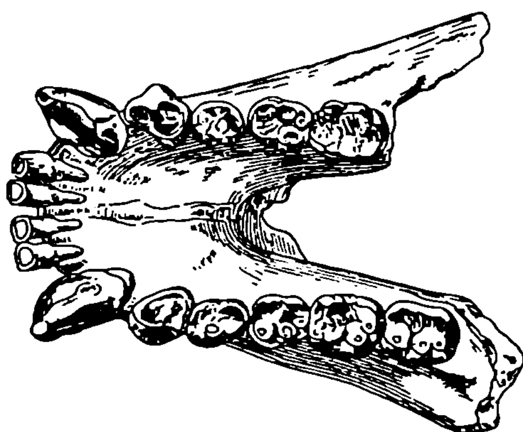
Az igen ősi, rovarevésre alkalmas fogazat, a fán élő őserdei életmód, az általános anatómiai felépítés (rövid végtagok, megnyúlt fej, hosszú farok stb.) folyamatosan vezetnek át a mókuscickányoktól a félmajmokhoz *(Prosimiae)*. De azért — legalábbis mai képviselőikben — már jelentős különbségek is adódnak köztük. Így elsősorban a specializáltabb fogazat, a többi ujj mellől elváló s velük szembehelyezhető hüvelykujj, ebből következően a kapaszkodó végtag, ezen pedig (a karmok helyén) a lapos körmök stb. már jól mutatja a két csoport közti fejlettségi különbséget.

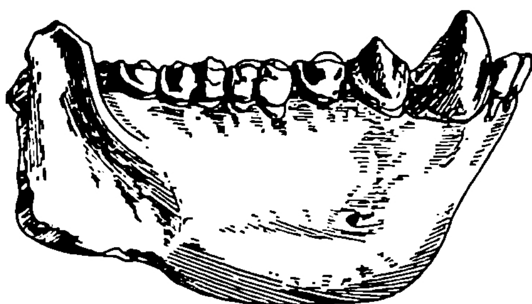
A félmajmok múltjáról igen sokat tudunk, de nagyon keveset ahhoz, hogy eredetüket tisztázhassuk. Mert bár a paleocén közepétől az eocén végéig Észak-Amerikában és Európában igen gazdag maradvány-anyagot hagytak hátra, utána mindkét helyen kihaltak. Néhány elszórt ázsiai-afrikai lelettől, valamint jégkorszak végi madagaszkári virágzásuk gazdag maradvány-anyagától eltekintve csak Afrika és Délkelet-Ázsia legzártabb trópusi területeiről ismeretesek, és itt maradtak meg a mai napig. Régi leleteik már egy gazdagon elágazó, változatos csoportról tanúskodnak, amelyen belül a primitívebb alakok mellett igen specializált formákat létrehozó félmajom-fauna van. Igazán ősi típusok akkor már éppúgy nem voltak köztük, mint ma!



48. Az óvilági majmok és az emberhez vezető ág óharmadkori koponyatípusának rekonstrukciója (Naef *nyomán)*

A félmajmokat ma *lori*kra, *lemur*okra (makik), *tarsius*okra (rémmakik) és *aje-aje*kre osztjuk. Közülük csak az India alsó pliocén képződményeiben talált lorik jelentkeznek viszonylag későn. A többi csoportot a paleocén közepe óta számos nemzetség képviseli Észak-Amerika *(Omomys, Shoshonius, Tetonius, Anaptomorphus, Pelycodus, Notharctus)* és Európa *(Adapis, Plesiadapis, Necrolemur)* szárazföldi képződményeiből. Igen korai és jelentős formagazdagságuk, különleges és magas specializációt mutató típusaik korai kifejlődése és konzerválódása — éppúgy mint régi nagy elterjedésükhöz képest szűk mai elterjedési körük — egyöntetűen azt mutatja, hogy a félmajmok az óharmadkor emlősvilágának virágkorukat 40—50 millió évvel ezelőtt élt, azóta fokozatosan visszahúzódó, kihaló csoportja. Madagaszkári meglepő virágzásuk, itteni óriás alakjaik (pl. a közel medvenagyságú *Megaladapis*) a jégkorszak végén, sőt részben a jelenkor elején a törzs utolsó fellobbanása volt, amit különlegesen kedvező helyi körülmények tettek lehetővé.



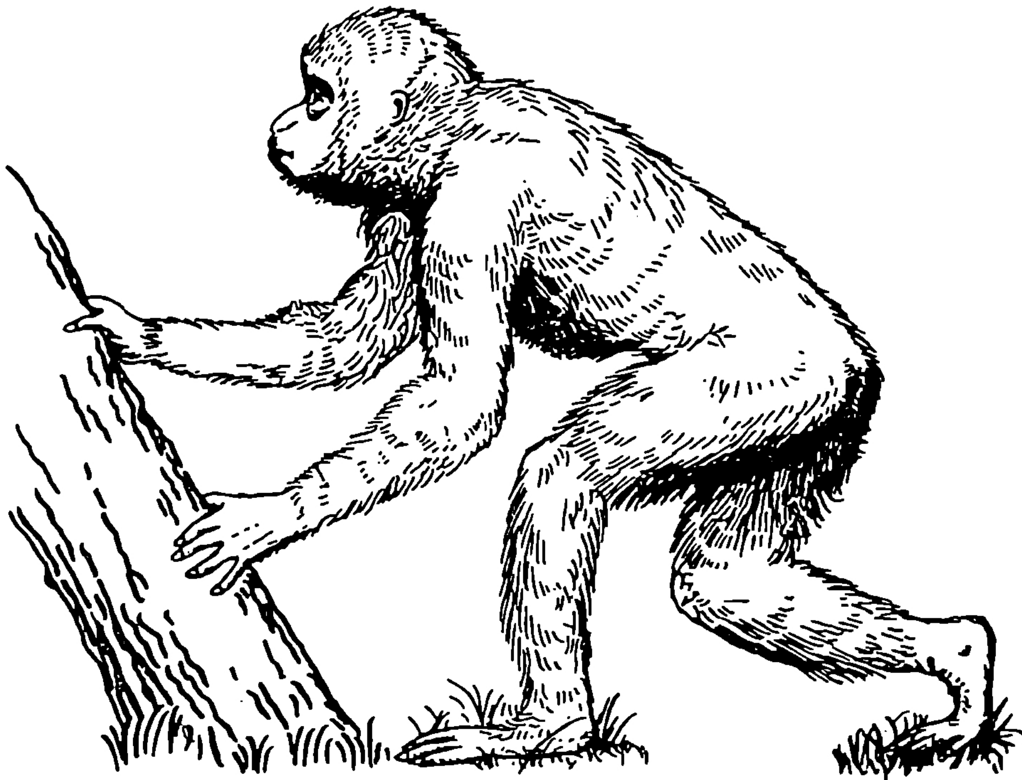


49. A miocénkori európai Dryopithecus *emberszabású majom állkapcsa felül- és oldalnézetben*

A félmajmokhoz (bár lényeges fokozati különbséggel) szinte észrevétlenül csatlakoznak a majmok, melyekkel általában főemlősök *(Primates)* néven egy rendbe sorolják őket. Három, fejlődésük irányában és ritmusában kimondottan eltérő ágra oszlanak: az amerikai ún. szélesorrú majmokra, a kutyafejű majmokra, és az emberszabású majmokra. Az utóbbi kettőt igen közelálló orrnyílásuk alapján keskenyorrú majmoknak hívják.

Eredetük, a félmajmokkal fennálló kapcsolatuk, sőt egymásközti kapcsolataik

is sok ponton még tisztázatlanok. A fő baj természetesen az, hogy biztosan besorolható leleteik a miocénnel kezdődnek. Oligocénkori afrikai, indiai, sőt európai leleteik igen bizonytalan rokonságúak. A kutatók ezeket az eocén-oligocén leleteket (*Pondaungia, Amphipithecus, Apidium, Propliopithecus, Parapithecus* stb.) hol a kutyafejű majmok közé sorolják, hol pedig az emberszabásúak ősi képviselőiként kezelik. Biztos rendszertani helyű majomleleteink egyelőre csak a miocén elejétől kezdve vannak, amikor is Dél-Amerikában az első — igen gyér számú — szélesorrú majom-lelet



50. *A Kárpát-medencében is élt miocénkori ősgibbon* (Pliopithecus); Zapfe *rekonstrukciója*

(*Homunculus* Argentínából, *Cebupithecia* és *Neosaimiri* a trópusi Dél-Amerikából), valamint Afrika és Európa-Ázsia területén az emberszabásúak (*Dryopithecus, Proconsul, Pliopithecus*) bukkannak fel. Kutyafejű majmok — leletekkel bizonyíthatóan — a pliocén eleje óta éltek, ami természetesen így elképzelhetetlen.

Primitívebb rokonaikhoz képest a majmokat elsősorban a meghosszabbodott, fogásra alkalmas négy kézzé átalakult mellső-hátsó végtagok, a hát-hasi irányban lapított törzs, főleg azonban az erősen megrövidülő arcrész és a rohamosan fokozódó méretű agykoponya jellemzi. Mindezekhez járul a fokozott mozgékonyság, és magától értetődően a rohamosan fokozódó idegtevékenység, reflex-gazdagság.

Az egyes fejlődési irányok közti különbségek közül a széles és keskeny orrsövényt (orrlyuk-távolság) már említettük. Ehhez csatlakozik az újvilági (szélesorrú) majmok fogsor redukciójában (párhuzamosan az arcrövidüléssel) a 3—3 elő- és 2 vagy 3 utózápfog megmaradása, szemben az óvilági (keskenyorrú) majmok egységes 2—2 előzápfogával. A metszőfogak száma viszont egységesen 2—2 állkapcsonként és oldalanként. Ezzel szemben a zápfogak felépítésében a szélesorrú majmok és az emberszabásúak megtartják a zápfogak primitív alapszabását.

A kutyafejű majmoknak általában megmaradt hosszú, kapaszkodásra is alkalmas farkuk. Az emberszabásúakon ez teljesen visszafejlődött, s visszamaradt farkcsigolyáik teljesen a törzsbe rejtve (a végbélnyílás felé görbült állapotban) találhatók. Mindez azt bizonyítja, hogy egyik csoportot sem lehet a másikkal közelebbi kapcsolatba hozni. Valószínűleg mindhárom ág önállóan specializálódott.

Ezt a kérdést látszólag igen könnyen megválaszolhatjuk. Itt vannak a félmajmok, önként kínálkozva erre a célra. Ez elméletben helyes is. Gyakorlatban azonban nem ismerünk olyan, minden tekintetben primitív félmajom-típust, amely még elég generalizált ahhoz, hogy a valódi majmokat egységesen, vagy legalább egyik-másik águkat belőle vezethetnénk le.

Talán az egyetlen konkrétum, amit e tekintetben elkönyvelhetünk, a majmok legkorábbi biztos képviselőinek földrajzi előfordulásából adódik.

Néhány évtizeddel ezelőtt még „konkrétebbnek" látszott a helyzet, mert a *Parapithecus-* és *Propliopithecus*-leletek hatása alatt egyöntetű volt az a vélemény, hogy a valódi majmok őshazája Afrika; itt éltek elszigetelten az oligocén-miocén határáig. Amikor a miocén legelején Afrikából az ormányosok is elindultak, hogy Európát, Ázsiát elárasztva Észak- és Dél-Amerikába is eljussanak, — a majmok is átlépték ezt az elterjedési határt, és Európa mellett Ázsia megfelelő területeit, főleg Indiát népesítették be.

Az óvilági majmok, főleg pedig az emberszabásúak eredetének és szétáramlásának fenti módja ma már nem olyan vitathatatlanul bizonyos. Időközben ugyanis kiderült, hogy az eocénben, illetve az oligocénben Burma, Nyugat-Európa területein éltek olyan *Primates* alakkörbeli ősmajmok *(Amphipithecus, Alsaticopithecus)*, melyeket — legalábbis egyes kutatók véleménye alapján — nem zárhatunk ki a valódi majmok ősi vonalából.

Bárhogy is álljon azonban ez a kérdés, egy mégis csak biztos. Kutyafejű majomfélék először Afrikában alakultak ki (talán már *Apidium, Moeripithecus* az oligocénben; *Libypithecus, Simopithecus* a pliocénben). Az európai *Mesopithecus* csak az alsó pliocénben, a *Dolichopithecus* és mások pedig még később jelentek meg. Ugyanekkor a legősibb valódi emberszabású majmok (48. ábra.) a miocén elején Afrikában fejlődnek ki *(Proconsul)*. Az Európa nyugati csücskétől Kínáig elterjedt *Dryopithecus* nem tagjai már fejlettebb fokon állottak (49. ábra); az indiai *Sivapithecus, Ramaphitechus, Sugrivapithecus* stb. pedig már ennél is sokkal maibb, nem is beszélve az *Austriacopithecus, Hispanopithecus, Ankarapithecus* és más, nem egészen tisztázott hovatartozású alakról. A valódi emberszabású majmok másik ága, az előbbi gorilla-csimpánz-ággal szemben a gibbonokat magába foglaló ág is Afrikában indult a *Limnopithecus-Pliopithecus*-vonallal, hogy fejlettebb *Pliopithecus*-hajtásokkal Európában is továbbfejlődjék. (50. ábra.)

Mindez azt látszik mégis alátámasztani, hogy a mai kutyafejű majmok, akárcsak az emberszabásúak, afrikai központból áramlottak szét a pliocén első felében s jutottak el Európa és Ázsia általuk lakható, meleg, erdős vidékeire.

Ebben az erdős környezetben alakultak ki a *Pliopithecus*-ágból a karcsú termetű, embermódra, egyenesen állva kézujjaival a bokájáig leérő, igen hosszú végtagú gibbonok. Fejlődésük eredményeképpen a gibbonok úgyszólván kezeikkel ágról ágra kapaszkodva „járó", tökéletes erdei, fán lakó állatokká váltak; gyümölcs- és rovarevők, melyek szinte egész életüket a fákon töltik.

Habár a légtornász gibbonok fán lakó alkalmazkodását korántsem érik el, hasonlóképpen erdőlakó specializálódás következett be a gorilla-félék fejlődésében is. Eközben az indonéziai (borneói) orángután — nehezebb teste ellenére is — szinte gibbonszerű fán lakóvá vált, a csimpánz Közép-Afrika erdőségeiben már rövidebb karjai-

ból is következtetve kevésbé fán lakó, a nagytestű gorilla pedig — ugyanazon a területen — inkább a földön jár gyümölcs-rovar-apróállat-tápláléka után. Valamenynyit jellemzi az erősen redukált arckoponya, a fokozódó agyüreg-méret, és a hatalmas ragadozó-agyarak ellenére is erősen emberi arckifejezés, mimika, amit még természetesen az emberéhez erősen hasonlító egész testalkat is fokoz.

A csimpánzban az emberhez minden fontosabb anatómiai vonásában hasonló, viselkedésében megdöbbentően „emberi" lényt ismerünk meg, melyet — többi rokonával együtt — külsőleg főleg az erdőben fákon lakó életmódhoz való messzemenő specializálódás tett bizonyos tekintetben hangsúlyozottan állattá.

Nem célunk azt a több mint két évszázad óta tartó, ma már csak a laikusok között tovább folyó vitát ismertetni, amelynek eredményeként felismerték, hogy az ember az emberszabású majmokkal a legközelebbi rokonságban álló fejlődési ág végső hajtása. Itt csak adatszerűen ismertetjük (a következő fejezetben) a fejlődés tényeit.

Az emberszabású majmokról még csak annyit kell megemlítenünk, hogy a századforduló évében az akkori Magyarország területén, Dévényújfalu miocén eredetű hasadékkitöltésében is találtak *Dryopithecus*-maradványokat. Az elmúlt évek folyamán pedig a Kárpát-medence nyugati peremén, mélyen bent az Alpok völgyeiben, a Stájer szénmedence miocénkori képződményeiben találtak további *Dryopithecus*-maradványokat. *Pliopithecus*-gibbonok maradványait mind Dévényújfalu újabb feltárásaiban, mind pedig a Stájer szénmedencében ismételten találtak, de a mai Magyarország területéről is előkerült e kis emberszabású ősmajom: Felsőtárkányból, Eger mellől ismerjük maradványát. A miocén végével gyakorlatilag eltűntek Európából az emberszabású majmok; a pliocén alsó részéből alig 2—3 bizonytalan korhatározású leletét ismerjük csak.

Az emberszabású majmok visszahúzódásával szinte egy időben, a pliocén elején bukkannak fel az első kutyafejű majomfélék Európában. Magyarország területéről is 3 helyről ismerjük őket ebből az időből (Baltavár, Polgárdi, Hatvan), míg a felső pliocéni képződményekben *Dolichopithecus* maradványokat (Pesterzsébet, Csarnóta), a legalsó és alsó pleisztocénből pedig magót-maradványokat ismerünk (Betfia és a délszlovákiai Gombaszög).

A jégkorszak többször előnyomuló hideghullámai végleg visszaszorították Európából az utolsó *Primates*eket is — egy kivételével. Ez addigra már megvetette a lábát valamennyi kontinensen, hogy rövidesen uralma alá hajtsa az egész Földet!

A mókuscickány-félmajom-majom fejlődési vonal mellett csak röviden emlékezünk meg egy ma csak két fajban ismert délkelet-ázsiai állatcsoportról, az ún. repülőmakik *(Dermoptera)* elszigetelt, de a majom-ághoz még mindig a legközelebb álló kis fejlődési vonaláról. Bizonytalan eocénkori ősi képviselői mellett csak az említett két hátsó-indiai képviselőjét ismerjük. Ezek *(Cynocephalus)* a toroktól a farokvégig terjedő, a végtagok segítségével kifeszített ejtőernyővel „repülnek" fáról fára. A denevérekéhez hasonló meghosszabbodott ujjuk nincsen; ujjuk semmivel sem hoszszabb, mint bármely hasonló nagyságú, fán mászkáló állaté. Nincs is semmi közük a denevérekhez. Inkább a mókuscickányok és félmajmok őseivel állnak rokonságban, mint ezekkel párhuzamosan levált önálló, elszigetelt fejlődési vonal. Arra, hogy a földtörténeti múltban mennyire voltak elterjedve, a jövőben is nehezen fogunk tudni választ adni, mert trópusi-őserdei állatcsoportról lévén szó, kicsi az esélyünk arra, hogy ősmaradványaira gyakrabban bukkanjunk.

A *Dermoptera* után tárgyalunk néhány emlősállat-rendet, bár nem azért, mintha ezekkel, vagy akár a mókuscickány-félmajom-majom-vonallal állnának kapcsolatban, vagy akár a következő főág, a rágcsálók felé hidalnák át a szakadékot, hanem egyedül azért, mert a rokonsági kapcsolataikról egyelőre semmi biztosat nem tudunk.

Ezek a foghíjasok *(Edentata)* néven összefoglalt, a földimalacok *(Tubulidentata)* kiemelése után is még idegen elemeket magában foglaló rendszertani csoport tagjai, valamint a *Taeniodonta* és *Tillodontia* néven ismert kihalt fejlődési ágak.

Ezek közül a *Taeniodonta*-ágat az alsó paleocén és a felső eocén közt élt kisebb emlősök alkotják. Erős szemfoguk és majdnem teljes fogazatuk némileg a rovarevőkre, valamint a legrégibb patásokra, magas fogkorona tetején ülő alacsony és így hamar lekopásra ítélt fogkúpjuk pedig már bizonyos tekintetben a foghíjasokra emlékeztet. 8—10 nemzetségüket ismerjük; eddig csak Észak-Amerika földjéről kerültek elő. Alig róka nagyságú legkorábbi (alsó oligocénbeli) alakjaiktól *(Onychodectes, Wortmannia)* az eocén végéig mintegy medve nagyságú, zömök fejű alakokhoz *(Ectoganus, Stylinodon)* vezet a fejlődés. Az eocén végével utódok nélkül tűnnek el az amerikai kontinens ősi állatvilágából.

A másik, szintén korán lezárult fejlődési irány — a *Tillodontia* —, sajátságos fogazat-fejlődése miatt hol a rovarevők, hol pedig a rágcsálók függelékeként szerepelt a rendszerben, mígnem bebizonyosodott, hogy ezektől függetlenül létrejött, önálló ágat alkot. Észak-Amerika felső paleocén és eocén, ill. Európa alsó eocén időszaki rétegeiből ismerjük ezt a kis csoportot. Jellemzi őket az elülső fogazat rágcsálókéhoz hasonló specializálódása; a törzsfejlődés folyamán az elülső metszőfogpár fokozatos megnagyobbodása; az utána következő metsző- és a szemfogak visszafejlődése. Ismertebb alakjaik az *Esthonyx* és a *Tillotherium*.

A felsorolt két paleocén-eocénbeli fejlődési vonal mellett sokkal jelentősebbek a foghíjasok *(Edentata)*. Ma három jelentősebb csoportjuk él: a lajhárok, a hangyászok, és a tatuk. Mindhárom dél-, illetve közép-amerikai állatcsoport. Azok is voltak egész történetük során, eltekintve az első csoportba tartozó néhány alak pliocén végi—alsó pleisztocéni észak-amerikai „kirándulásától". Észak-amerikai formák voltak viszont a lajhár-szerűekkel távolabbi rokonságot mutató, a paleocéntől az alsó oligocénig eljutott, alig ismert *Palaeanodonták (Palaeanodon, Epoicotherium)*; ritka, a faunában különösebb szerepet nem játszó kis állatok.

Annál fontosabb szerepük volt a valódi foghíjasoknak, az *Edentata* rend dél-amerikai számtalan képviselőjének. Nevük némileg félreértésre adhat okot. Általában nem foghíjasok: csak a hangyászok fogai tűntek el — valószínűleg hosszú fejlődéstörténetük korai szakaszában —, a többinek kivétel nélkül vannak fogai. Ezek a fogak azonban (más emlősök fogaival szemben) nagyrészt egyszerű dentin-oszlopokká fejlődtek (vagy fejlődtek vissza). Zománc csak igen vékony rétegben, vagy ami gyakoribb, egyáltalában nem borítja azokat. Sokuk elülső fogazata vissza is fejlődött, csak egyszerű, zománcnélküli, egyforma zománcoszlopokká redukált zápfogaik maradtak meg.

Külső megjelenésükben rendkívül különbözők, különösen a lajhár-alkatúak és a tatuformák, olyannyira, hogy közös eredetük sem tekinthető bizonyosnak. Míg ugyanis az előbbiek valamennyien fán lakó, a fákon mászkálásra, illetve függeszkedésre messzemenően alkalmazkodott, gyapjas szőrözetű gyümölcs- és rovarevők, addig az utóbbiak mozaikszerű, a törzsön harántövekbe rendezett kis csontlemezekkel fedett, ásó életmódot folytató alakok; egész szervezetük ehhez alkalmazkodott.

A lajhár-alakúak *(Pilosa)* Dél-Amerikában a felső eocénben lépnek az élet színpadára néhány bizonytalan alakkal, de még az oligocénben is elég szórványosak. A miocénben indul el hatalmas méretű felvirágzásuk, s a pliocénben, de még inkább a pleisztocénben hatalmas méreteket érnek el egyesek, így pl. a *Megatherium* az elefántnagyságot közelíti meg. Természetesen ilyen méretek mellett a lajhárfélék nagy része nem maradt meg ősei fán lakó életmódja mellett. A földön nehézkesen cammogó állatok voltak, melyek új tartózkodási helyük, életmódjuk és nem kevésbé ha-

talmas méreteik miatt külsőleg is nagyon eltávolodtak fán lakó őseiktől. Így végtagjaik oszlopvastagságúvá váltak; farkuk hatalmas támaszkodófarokká alakult. Miért? Egyszerű a válasz: ősi kapaszkodó végtagjaikat még elnehezedett, földön járkáló időszakukban is megtartották, aminek két oka lehetett. Az egyik: hogy hatalmas karmaikkal gumókat, gyökereket keresve a földet ásták; a másik lehetőség: hogy elülső végtagjaikkal ágakba, fiatal fákba kapaszkodva, felemelt elülső testtel, erős farkukra támaszkodva legelték a fák lombjait. Valószínűleg mind a két életmód-változatnak akadt követője. Csaknem biztos azonban, hogy ezt a két életmódot egyformán követték az egyes csoportok; ezeket határozottan elválasztani nem lehet.

A három földilajhár-féle fejlődési ága közül a *Megalonychidák* már az eocén-oligocén határán bukkannak fel Dél-Amerikában *(Orphodon)*, ahol pleisztocén végi kihalásukig több nemzetségben *(Hapalops, Hyperleptus, Nothrotherium)* terjednek el, majd Közép-Amerika *(Megalochus* stb.*)* és Észak-Amerika *(Megalonyx)* pleisztocén eredetű képződményeiben is megjelennek. A másik családot a *Megatheriidákat* csak a miocéntől ismerjük Dél-Amerikából *(Planops, Megatheridium)*, illetve a pleisztocénből Észak-Amerikából *(Megatherium)*.

Nagyjából ugyanez a helyzet a *Mylodontidákkal (Mylodon, Scelidotherium, Glossotherium)*, amelyek Patagónia barlangi lerakódásaiban — a legújabb korhatározások szerint — még 9000 évvel ezelőtt, tehát a jelenkor elején is éltek. Míg a földi lajhárokat elég jól tudjuk követni történeti kialakulásukban, addig a ma is élő kistermetű, fán lakó alakok, a *Bradypus*-félék történetéről egyetlen adat sem világosít fel — megint csak az őserdei alakok igen ritka lelet-fennmaradása miatt.

A hangyászok *(Myrmecophagidae)* csőrszerűen megnyúlt fejű, hatalmas ásókarmú, messze kinyújtható, féregszerű nyelvükkel a hangyabolyok, termeszvárak lakóit kiszedő állatok, Dél-Amerika—Közép-Amerika pliocénkori rétegeitől kezdve szerepelnek a leletanyagban. Ma is e területek trópusi füves-bozótos vidékeit lakják.

A másik nagy foghíjas-ág, az övesállatok, vagy tatu-formák a paleocén óta ismeretesek Dél-Amerikából, ahol számos nemzetségre differenciálódva ma is széles elterjedésűek. Észak-Amerikába csak a felső pliocén—alsó pleisztocén folyamán jutott el — a földilajhárok néhány képviselőjével egy időben — három nemzetségük. Míg azonban mai leszármazottaik inkább kistermetű állatok (az óriás-tatu sem sokkal haladja meg a borznagyságot), addig kihalt, főleg pleisztocénkori alakjaik közt hatalmas állatok voltak. Ezek kövült csontpáncéljainak maradványairól emlékezik meg vagy egy évszázad előtti leírásaiban Darwin, mikor azt írja, hogy a patagóniai indiánok ezek hatalmas csontmozaikból összetett „héjait" kunyhónak használták. Ezek a *Glyptodon, Glyptotherium* néven ismert óriások 2 m-t elérő hosszúságú, közel másfél méter magas, domború csontpáncéljukkal, buzogányszerű végződéssel felfegyverzett páncélos farkukkal bizarr látványt nyújtó alakjai voltak a dél-amerikai füves pusztáknak.

A foghíjasokhoz sorolták régebben a tobzosokat *(Pholidota)*, ma azonban teljesen független, a foghíjasokkal — fogazatuk teljesen függetlenül, azonos körülmények közt azonos specializációt megtett és hasonló formákat létrehozott fejlődésétől eltekintve — semmi hasonlóságot nem mutató dél-ázsiai—afrikai emlősrendnek tekintjük őket. Csak azért tárgyaljuk itt, a foghíjasok után, mert valódi helyüket a rendszerben és a fejlődéstörténetben annyira nem ismerjük, hogy egyelőre nem tehetünk mást, mint ott hagyjuk őket, ahova a régibb rendszertan — külsőségük alapján — helyezte.

A tobzosok problémája ott kezdődik, hogy igazi régi elterjedési központjukat sem ismerjük. Ázsia déli része vagy Afrika volt-e e terület? Nem tudjuk. Legrégibb, igen bizonytalan leleteiket ugyanis Nyugat-Európa oligocénkori rétegeiből írták le

(Necromanis). Ezen kívül még néhány, ugyancsak hiányos miocénkori leletet ismerünk ugyaninnen *(Teutomanis, Galliaetatus)*, illetve néhány jelentéktelen felső jégkorszaki leletet mai elterjedési területéről. A Villányi-hegységi alsó pleisztocén eredetű *Kormos* által közölt adat *(Manis hungarica)* nem hiteles, de nem is valószínű.

Mindez azt mutatná, hogy a tobzosok régebbi, nagyobb elterjedési területükről húzódtak vissza orientális-etiópiai, tehát dél-ázsiai-afrikai lakóterületükre. De hogy vaójában honnan és milyen ősökből vezethetők le, ez továbbra is nyitott kérdés marad.

Az eddig tárgyalt nagy fejlődési ágak nem egységes származású csoportokat, hanem azok egész sorát, egymással több-kevesebb közös vonást mutató, önálló fejlődési ágat foglalnak magukban. A most következő fejlődési irány viszont önmagában zárt, úgyszólván rokontalan csoportot képvisel: a rágcsálókat *(Glires)*.

A rágcsálók az emlősök legváltozatosabb csoportja. Az emlősök nemzetségeinek egyharmada, fajainak fele ide tartozik. De nemcsak a rendszertani csoportok túlsúlya jut a rágcsálókra. Egyedszámukkal is ezek az általuk lakott földrészek legtömegesebb lakói. Egyik-másik családjuk uralkodó egyedszámú ott, ahol előfordul. Így a hideg és mérsékelt övi zónában Európa-Ázsia és Észak-Amerika (szaknyelven: a *Holarctis*) uralkodó számú emlősállatai a pockok, Afrika—Dél-Ázsia pedig az egerek nyomasztó túlsúlyát mutathatná egy „népszámlálás" esetén.

Nem csoda, hogy éppen e roppant alakgazdagságú csoport rendszerezése, rokonsági ágainak összefüggése — a rájuk vonatkozó nagy mennyiségű adat ellenére is még igen kiforratlan. Időről időre új szempontok alapján át- és átalakítják rendszerüket. Az elmúlt évtized is ilyen „forradalmi" időszak volt a rágcsálók természetes kapcsolatainak, rendszerezésének kutatás-történetében. Természetesen nem célunk ennek a történeti „fejlődésnek" a részletes ismertetése. Helyette megpróbáljuk a rágcsálók rokonsági kapcsolatait — a legutóbbi idők eléggé biztosnak látszó adatai alapján — felvázolni.

Még egy fél évszázaddal ezelőtt a nyúlféléket egységesen a rágcsálókhoz sorolták a szakemberek. Azóta mindinkább az a vélemény alakult ki, hogy a nyúlformák *(Lagomorpha)* — akárcsak néhány más, több-kevesebb vonatkozásban a rágcsálókkal párhuzamosan, de azoktól független fejlődés irányában haladó csoport — csak külsőségekben állnak közel a valódi rágcsálókhoz.

Ma mindenesetre általános az a vélemény, hogy a rágcsálók zárt egységét csak a nyúlformák nélkül érthetjük, sőt az utóbbiakat egyesek komoly érvek alapján inkább a patások távoli rokonaiként könyvelik el.

Az így sokkal egységesebb és egységes eredetűnek mondható valódi rágcsálókat ma többnyire a legősibb rovarevőszerű krétakori típusokból vezetik le, anélkül, hogy bármely közelebbi csoportot tudnának kiindulópontul megjelölni. Tehát ismét az a baj, hogy őslénytani adataink a rágcsálók kialakulásának túl kései pontjától vannak. Nem is annyira az időre, mint inkább az állatcsoportok fejlődési fokára mondjuk ezt.

A rágcsálók legrégibb előfordulását Észak-Amerika felső paleocénkori képződményeiből jegyezték fel. Ezek a *Paramys* nemzetséghez tartozó, külsőleg meglehetősen mókusszerű rágcsálók. Fejlődési fokuk azonban sok tekintetben (pl. a fogazatban) nemcsak hogy nem primitívebb, mint a ma is élő mókusoké, hanem felépítését tekintve még fejlettebb is. A többi — az eocénre és oligocénre kiterjedő — ősi rágcsáló-típus pedig éppenséggel kivétel nélkül sokkal magasabb fejlettségi fokon áll, mint a ma élő mókusaink. Nyugodtan leszögezhetjük, hogy egyelőre egyetlen olyan ősi szabású rágcsálót sem ismer a paleontológia, amelynek csontváza, fogazatának felépítése tekintetében a fejlettség lényegesen alacsonyabb fokán állott volna, mint a mai mókusok.

Vagyis nincs adatunk arra, milyen szerveződési fokokon keresztül jutottak el a rágcsálók korai, talán kréta időszaki őseiből a felső paleocénkori vagy éppenséggel ma is élő primitív képviselőikig.

Nemcsak ez a kérdés nyitott. A rágcsáló-családok sokaságának viszonylag magasan specializált alakokkal induló fejlődési sora miatt az egymásközti kapcsolataik is tisztázásra szorulnak. Így azután — kevés kivételtől eltekintve — pillanatnyilag nem tehetünk mást, minthogy az egyes családokat főleg fogazatuk fejlődési hasonlósága, alaki kapcsolatai alapján hozzuk egymással rokonsági összefüggésbe. Ebben a tekintetben azonban helyesebben járnak el azok a kutatók, akik egyelőre inkább eltekintenek a nagyobb csoportok, családok kapcsolatainak a firtatásától, s a családokat — feltehető kapcsolataik figyelembevételével — egymásután felsorolják, anélkül, hogy magasabb egységbe foglalnák. össze. Elvileg mi is ezt az eljárást követjük, és e szerint az elv szerint ragadunk ki néhány jelentősebb családot a rágcsálók szinte áttekinthetetlen tömegéből.

A rágcsálók 50—55 kisebb-nagyobb terjedelmű családját általában újabban ősibb (*hypoconus* nélküli) és tökéletesebb fogazatú (*hypoconus*t fejlesztő) családok szerint szokták csoportosítani. Az előbbiek zápfogainak bonyolódása egy hypoconus nélküli típusból indul ki, míg az utóbbiaknak egy négykúpú felső fog-felépítésű alakkör a kiindulópontja.

Valódi hypoconus nélküli típusok elsősorban a fogazatukat igen ősi fokon megőrző mókusfélék *(Sciuridae)*, a repülőmókus-félék *(Petauristidae)*, és a pelefélék *(Gliridae)*. Mindhárom család tagjai primitív, alacsony fogkoronájú rovarevő-ragadozó-magevő kisemlősök. Csak a legnagyobbak, az óriás-repülőmókusok érik el a macskanagyságot. A mókusok és pelék a felső eocénben már Európa állandó lakói voltak; a repülőmókusokat csak az alsó miocénben élt alakjaiktól kezdve ismerjük. E típusok azonban csak a pleisztocén elejéig éltek Európában, a mai trópusi, hátsó-indiai óriás-repülőmókusokkal rokon nemekben *(Petauria, Pliopetaurista)*, Észak-Amerikától Kelet-Európáig a hideg égövi fenyőerdő — a tajga — övben élő kis repülőmókusok új jövevények. A mókusok családjából még tisztázatlan az ürgék és a velük közelebbi rokonságban álló, nálunk a felső jégkorszakban elterjedt marmoták eredete. Végül a pelék afrikai-európai és délnyugat-ázsiai csoportja, kicsiben a hullámbádog felületére emlékeztető, igen lapos zápfog-rágófelületeivel, nálunk „visszahúzódó" kis rágcsálócsoport.

Bár velük közelebbi rokonságban aligha állanak, fogazatuk valódi hypoconus nélküli felépítése alapján ide sorakoznak az ugróegerek *(Zapodidae* és *Dipodidae)*, a hörcsögök *(Cricetidae)*, a pockok *(Arvicolidae)* és az egerek *(Muridae)* családjai. Valamennyinek fogazat-típusa az ősi típussal szemben már annyira átalakult, hogy kapcsolatukat csak a hypoconid-nélküli felépítés jelzi.

Az ugróegerek két családját a rövid elülső és erősen meghosszabbodott hátsó végtag, félsivatagi rovarevő-növényevő életmód jellemzi. Két, egymástól függetlenül kialakult családjuk közül az egyik *(Dipodidae)* Afrika — Kelet-Európa — Belső-Ázsia, a másik pedig zömében Észak-Amerika *(Zapodidae)* földjén terjedt el. A *Dipodidae*k a jégkorszak második felében nálunk is éltek. Az ugrásra nem specializálódott *Sicista*-nemzetség, a csíkosegerek ma is tagjai faunánknak.

A hörcsögfélék az oligocénben és a miocénben még uralkodó rágcsálói voltak faunánknak. Azóta jelentőségük nagyon visszahanyatlott, kivéve Észak-Amerikát, ahol egy csoportjuk, a *Hesperomyinák* az egerek szerepét vették át, sőt a pliocén — pleisztocén határán Dél-Amerikába is átjutottak, s ott is vezető szerepre vergődtek.

A miocén és pliocén határán, valószínűleg belső-ázsiai hörcsögökből indult el az a fejlődés, amely az eredetileg alacsony-kúpos zápfogak koronájának fokozatos meg-

nyúlásával végül folyamatosan növekedő, gyökértelen oszlopfogak fokáig jutott el. A magevő ősökből tehát ideális fűevőket, a több mint 1200 fajjal Eurázsia és Észak-Amerika mérsékelt-hideg öveiben uralkodó szerepre jutott pockokat *(Arvicolidae)* hozta létre.

Az embert kiformáló fejlődési útvonal mellett ez a legkirobbanóbb ütemű, legeredményesebb fejlődés az egész kialakuló emlős állatvilágban.

Ami a mérsékelt-hideg övekben a pocok, az az egér *(Muridae)* a melegebb és trópusi óvilági területeken. Alsó pliocéninél idősebb rétegekből sehonnan sem ismerünk egér-maradványokat. Ettől az időtől kezdve azonban olyan rohamos fejlődésnek indultak, hogy ma ők az emlősök fajokban leggazdagabb családja. Egyetlen nemzetségük, a patkányok csoportja majdnem ezer fajt foglal magában. Ma Európában, Ázsia mérsékelt és meleg égövi részein, Afrikában és még Ausztráliában is élnek, csak Észak- és Dél-Amerikából hiányoznak. Ennek egyszerű oka az, hogy a Bering-szoros vidékének hideg égövét egyetlen fajuk sem érte el, így nem tudtak Amerikába sem átjutni. Bár legrégibb képviselőik a pliocénben úgyszólván semmivel sem kezdetlegesebbek, mint mai nemzetségeik nagy része, mégis bizonyos valószínűséggel a hörcsögökről korán lehasadt oldalágnak kell őket tekintenünk.

Itt emlékezünk meg még egy teljesen kihalt családról, az *Eomyidák*ról. Csupa kicsiny, egér nagyságú vagy még kisebb állat tartozott ide. A felső oligocéntől a felső miocénig éltek. Jelentőségük — legalábbis Európában — az, hogy az akkori hörcsögökkel ők alkották a fauna uralkodó elemét.

Bár nem szorosan ide tartozik, de érdekességként megemlítjük, hogy az ezerkilencszázötvenes évekig az *Eomyida*-leletek a legnagyobb ritkaságok közé tartoztak. Alig 3—4 maradványukat ismerték. A legújabb gyűjtési módszerekkel viszont a faunák uralkodó elemének bizonyultak. Így volt ez a miocénben is, ahonnan pedig addig egyetlen maradványukat sem találták.

A rágcsálók második nagy csoportjába az önálló hypoconus-t fejlesztő, tehát a felső zápfogakon négy főkúpú típusból kiindult alakok tartoznak, vagyis a rágcsálócsoportok többsége. Ezek azonban egyúttal nem a fajokban és nemekben leggazdagabb csoportok, sem pedig a legelterjedtebb rágcsáló típusok.

Az ide tartozó rágcsáló-típusok fogazatára egyébként jellemző, hogy — legősibb ismert képviselőik, a *Theridomyidák* kihalt csoportja kivételével — zápfogaikon a kúpok harántlécekké olvadtak össze. Miután ezek a lécek a fog peremein, kétoldalt az érintkezésüknél szintén egymásba olvadtak, a magas fogkorona a fokozatos kopás folyamán hamar zománclécek és általuk bezárt zománcszigetek rendszerévé alakult át. A fogak pedig ilyen zománcszigetekkel díszített koronájú oszlopfogak lettek.

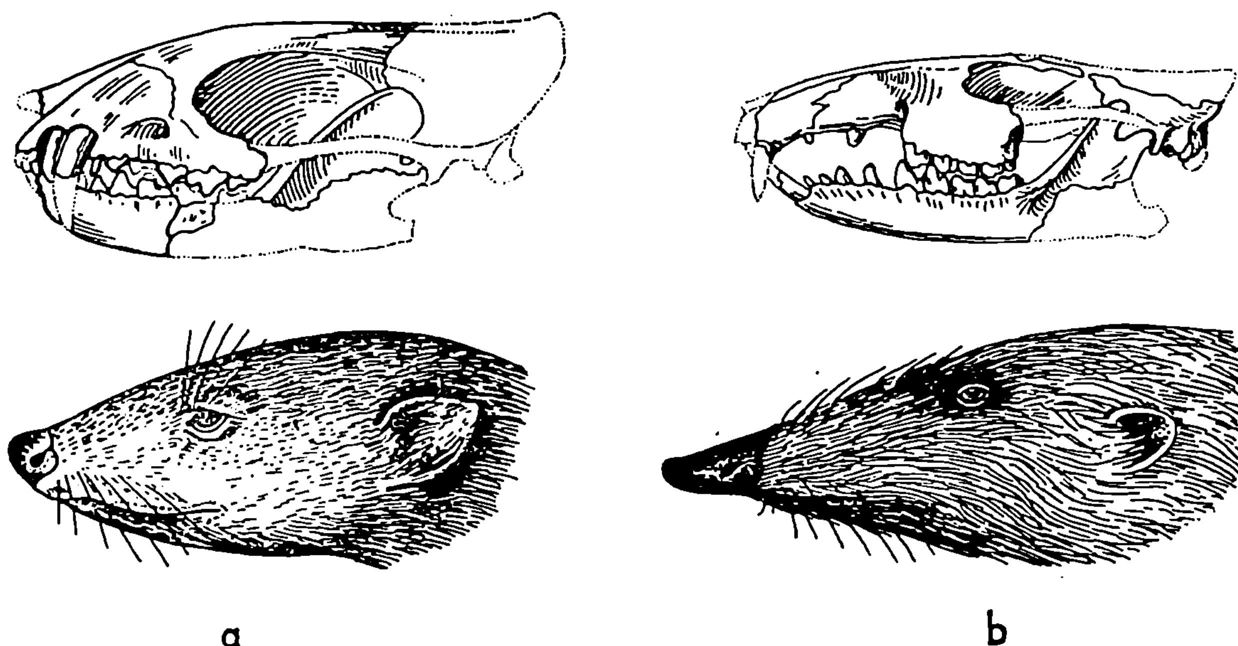
Igen érdekes az ide sorolt rágcsáló-csoportok elterjedése is. Ezek képviselik a felső eocéntől az alsó miocénig Európa rágcsáló-faunájának a zömét. Nemrég azt hittük, hogy talán csak a ma élő hódok maradtak meg belőlük a mérsékelt és a hideg éghajlat alatt. A trópusokon, Afrikában, Dél-Ázsiában él még néhány elszigetelt típus, amelyeket nagy valószínűséggel *Theridomyida*-leszármazottaknak tekinthetünk.

Éppen ellenkezőleg alakult a sorsuk — valószínűleg óvilági bevándorló típusok észak-amerikai utódaiként — Dél-Amerikában. Itt hirtelen jelentek meg és fokozódó változatosságban alakultak ki. Kizárólagos rágcsálói voltak ennek a földrésznek a pliocén végéig, amikor újabb rágcsáló-típusok vándorolnak be Észak-Amerikából. Ebből a virágzó, sajátságos dél-amerikai rágcsáló-faunából jutott el egy csoport a miocén-pliocén határán Észak-Amerikába. Ezek egyik ága, a tarajos sülöké *(Hystricidae)* a *Hipparion*ok és más észak-amerikai faunaelemekkel együtt jutott tovább Ázsiába, Afrikába, Dél-Európába, ahol még ma is él. A tarajos sülök tehát Dél-Amerika igen kevés ősemlős „ajándéka" közé tartoznak.

Könyvünk kereteit lépnénk túl, ha ezeket a csoportokat részletesebben ismertetnénk. Ehelyett elég annyit megjegyezni, hogy Dél-Amerika eme sajátos rágcsáló-faunájának tagjai még a nálunk háziállatként elterjedt tengeri-malacok, a prémes állatként mindenütt tenyésztett hódpatkányok, a nutriák *(Myocastor)*, és ide tartoznak az állatkertekben tartott agutik.

Térjünk vissza a „rovarevők" gyűjtőnevű ősi emlős-csoporthoz.

A rovarevők *(Insectivora)* nagyrészt ősi fejlettségi fokon vesztegIő, illetve nagyon lassú fejlődéssel és csak igen kezdetleges fejlődési fokig eljutott állatok. Egy-



51. A méhlepényes emlősállatok legősibb ismert képviselőinek, a mongóliai krétakori Deltatheridium *(a) és* Zalambdalestes *(b) koponyája és fejének rekonstrukciója*

séges csoportnak azonban még így sem tekinthetők. Két elszigetelt águkat említjük meg, amelyek fejlődéstörténetileg egészen más gyökerekből sarjadtak ki, és fogazatukat tekintve is különböző fejlődési irányt követtek. Az egyik csoportba néhány igen elszigetelt, távoli, apró elterjedési területekre redukált típus, régi, talán valamikor gazdagon elágazó fejlődési vonalak utolsó maradéka, kihalás előtt álló „élő kövület" tartozik. Ilyenek a nyugat-indiai szigetek *Solenodon*ja, továbbá a trópusi Afrika *Potamogalidái*, valamint Dél-Afrika *Chrysochloridái*. Az utóbbiak — akárcsak az erszényes „vakondokok" — a valódi vakondokok igen sikerült másai, a földben turkáló életmódra messzemenően alkalmazkodott rovarevők, anélkül azonban, hogy a vakondokkal bármi rokonságban állnának. E csoportok eredetéről igen keveset tudunk. Rokonsági körükbe tartozó ősmaradványt úgyszólván egyet sem ismerünk. Az észak-amerikai oligocén-rétegekből ide sorolt ősi alakok *(Apternodus)*, vagy az ugyaninnen előkerült paleocén-eocénkori *Palaeoryctes* és *Didelphodus*, leginkább azonban az észak-kínai felső kréta képződményekből előkerült *Deltatheridium* és mások idetartozása még nagyon kérdéses. (51. ábra).

Ezeknél sokkal zártabb egységet alkotnak az Ausztrália és szigetvilágának kivételével úgyszólván az egész Földön elterjedt, „modern" rovarevők: vakondokfélék *(Talpidae)*, cickányfélék *(Soricidae)*, és sünfélék *(Erinaceidae)*. Mindhárom ágat — kisebb rokonágaikkal együtt — az oligocén eleje óta ismerjük gazdag maradvány-

anyag révén. A vakondokfélék európai, ázsiai és észak-amerikai állatok; a mérsékelt öv lakói. A másik két család Afrikát is elárasztotta, azzal az eltéréssel, hogy a sünök Észak-Amerikában csak a pliocénig jutottak el, és akkor kihaltak.

A cickányfélék a „legsikerültebb" rovarevők. Fajszámban (az általuk lakott területeken egyedszámban is) az emlős-fauna uralkodó rágcsálói, az egerek, pockok után következő faunaelemek.

A legősibb rovarevő-típusoktól nem sokban különböző, csak nagyobb termetű, főleg pedig fogazatban, végtagalkotásban ugrásszerű fejlődésnek indult, ragadozómindenevő állatokat foglal magába a ragadozók *(Ferae)* rendje. Elhatárolásuk kezdetben igen bizonytalan. Egyik részük a rovarevőkkel, másik a legősibb patásokkal fonódik össze — annyira, hogy rendszertani helyük részben még máig sem végleges.

A ragadozók közt lábalkotásuk, fogazatuk specializációja alapján négy fejlődési irányt különböztetünk meg. Ezek nagy vonásokban rokonsági csoportoknak foghatók fel.

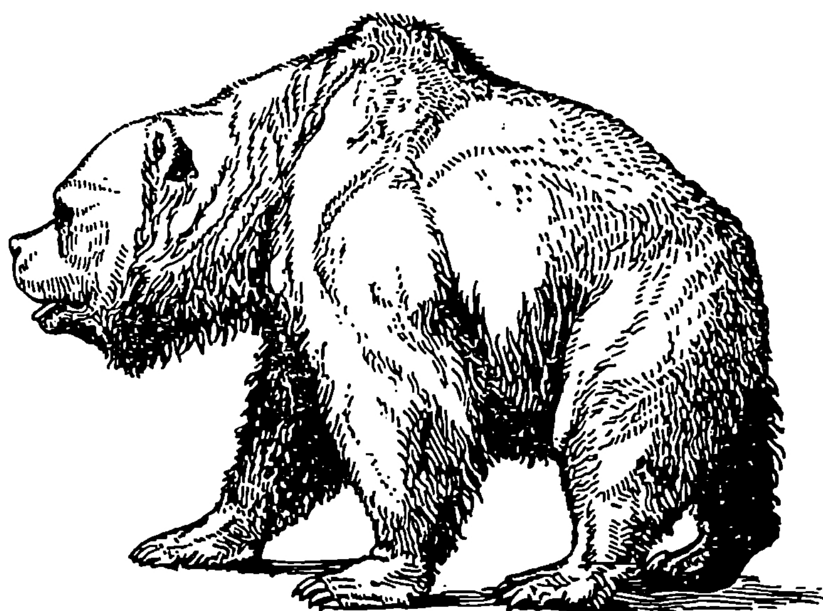
A ragadozók legősibb típusú ága a *Procreodi* nevű csoport. Rovarevő-mindenevő fogazatuk van. Mind a rovarevők, mind a legősibb patások felé nehezen elhatárolható fogazat-típus ez. Végtagjaik rövidek. Ezek jelennek meg legkorábban; a paleocén elejétől már számos alakjukat ismerjük Észak-Amerikából, majd rövidesen Európában is elterjednek, ahol — akárcsak Ázsiában — a felső oligocénig élnek. A Kolozs megyei Egeres barna kőszén bányájában talált a múlt században *Koch* Antal, a kolozsvári, majd a budapesti egyetem földtani tanszékének nagynevű tanára egy ősemlős maradványt, a tiszteletére elnevezett *Kochictis*t. A csoport korai képviselői közül az amerikai *Oxyclaenus, Chriacus, Deltatherium* és a nyugat-európai *Arctocyon* az ismertebbek.

Igazi ragadozó állatokat foglal már magában a ragadozók második fejlődési iránya, a *Mesonychoidea (Acreodi)* ág. Közepestől igen nagy testméretig, hosszú fej, igen erőteljes fogazat, futásra specializálódott végtagok, pataszerű, elszélesedő karmok jellemzik. Az észak-amerikai *Mesonyx*, az Európából is ismert *Dissacus* és a *Pachyaena*, az Ázsiából előkerült *Andrewsarchus*, az eddig ismert leghatalmasabb ragadozó emlősállat — valamennyi az eocénből ismeretes.

A harmadik ágban a ragadozó életmódra különösen fogazatával minden eddiginél jobban alkalmazkodott társaságot találunk, amelyeknek a zápfoga fokozatosan éles, pengeszerű vágóeszközzé alakult át. Zápfogaik közül az egymással átellenben álló felső második és alsó harmadik (utolsó), vagy pedig az ezt megelőző átellenes pár a többihez képest különlegesen megerősödik, ún. tépőfoggá fejlődik. Az állatok végtagjai ugyanakkor megerősödnek, középső, harmadik ujjsugaruk helyezkedik be a láb tengelyébe és erősödik meg a többi rovására. Ez kezdődő *páratlanujjúság*. Ide felső paleocén—eocén kori óvilági nemzetségek tartoznak. Legismertebb az *Oxyaena, Hyaenodon*, és a *Pterodon*. Az egész fejlődési ág az oligocén végével kihal. Két elszigetelt nemzetségük, az óriási, európai-indiai *Hyaenaelurus* és az alsó pliocénig fennmaradt indiai *Dissopsalis* azonban messze túlélte e fejlődési ág általános kihalását.

A negyedik fejlődési ágat az utolsó-felső előzápfog és első-alsó utózápfog tépőfoggá alakulása, valamint a mögöttük elhelyezkedő zápfogak fokozatos redukciója (vagy ellenkezőleg: zúzófoggá való kiszélesedése) jellemzi. Emellett lábalkotásukban — amennyiben erre sor kerül — a tengely a 3—4. ujj közé esik. Ez kezdődő *párosujjúság*. A paleocén közepétől ismerjük ezt a fejlődési vonalat, valamennyi ma is élő ragadozó-csoportunk kiindulási pontját. Legősibb alakjaikat — miután kismértékű differenciálódásuk miatt még nem tudjuk őket megfelelően szétosztani a későbbi, specializáltabb ágak közt — *Miacidae* néven önálló családba fogjuk össze *(Miacis, Vulpavus)*. Ezek a paleocén közepétől az eocén végéig éltek.

A felső eocéntől kezdve a mai ragadozó családok már annyira differenciálódtak, hogy nagyobb nehézség nélkül közéjük sorolhatjuk az akkor élt ragadozókat. Így azután a felső eocéntől kezdve zárt sorban jelennek meg Észak-Amerikában a valódi kutyafélék *(Canidae: Procynodictis, Daphoenus, Tomarctus* stb.), egészen a mai nemzetségekig (farkasok, rókák stb.). Európában és Ázsiában csak a felső pliocénben jelentkeznek — a Bering-szoroson keresztül. Helyettük az óvilági mérsékelt övben (Ázsia—Európa) a rokon *Amphicyonidae* kihalt család élt *(Amphicyon, Simocyon* stb.) Teljesen medveszerű külsőjük volt a velük párhuzamosan az Óvilágban kialakult, Észak-Amerikát a miocén óta benépesítő, de a pliocén végén mindhárom kontinensen



52. A barlangimedve (Ursus spelaeus) *rekonstrukciója*

kipusztult álmedvék *(Agriotheriidae)* nemzetségeinek *(Hemicyon, Agriotherium, Ursavus)*. A valódi medvéknek ezekhez semmi közük; a felső pliocén óta ismerjük őket. Legősibb típusa a Háromszék megyei Barót barna kőszénbányáiból leírt felső pliocénkori *Protarctos böckhi*, melyet *Böckh* János, a Földtani Intézet akkori igazgatója tiszteletére nevezett el 1900-ban Max *Schlosser*, az ősemlősök egyik legkiválóbb ismerője. Jégkorszaki, de már kihalt medvéink közt külön is ki kell emelnünk a barnamedvénknél sokkal erősebb barlangi medvét, a magyarországi barlangok jégkorszaki lakóját, az ősember egyik legfontosabb vadászzsákmányát és leggyakoribb ellenségét. (52. ábra.)

Az oligocén-miocén időszak ragadozóinak nagy része (jórészt kistermetű ragadozók) mindmáig bizonytalanul illeszthető a rendszerbe. Ezek viszonylag mind ősi szabású állatok; a menyétfélék és mungók („cibetmacskák") jellegei keverednek bennük a legősibb kutyafélék alaktani bélyegeivel. Ebből a ma még tisztázatlan tömegből differenciálódnak ki a miocén folyamán a valódi mungók *(Viverridae-Herpestidae)*, a menyétfélék *(Mustelidae)*, kutyaszerű alakjaikból pedig az észak-amerikai mosómedvék és rokonaik *(Procyonidae)*, illetve az ázsiai „macskamedvék" *(Ailuridae)* és az ún. bambuszmedvék *(Ailuropodidae)*. Valamennyiről sokat mondhatnánk, ám itt csak azt jegyezzük meg, hogy a miocén végén és a pliocén elején alakulnak ki a *Viverridá*kból a hiénafélék *(Hyaenidae)*, amelyek ettől az időtől kezdve a jégkor-

szak végéig állandó tagjai voltak a magyar emlősfaunának is. A Himalája indiai lejtőjén és Délnyugat-Kínában élő macskamedvék (kis panda) egy ága a pliocén végén szintén élt hazánk földjén. Dél-Angliából is kerültek elő leletei. A menyétfélék egyes ágainak hatalmas kiterjedésére és későbbi visszahúzódására jellemző, hogy a dél-amerikai grizonok egy közeli rokonát (*Pannonictis*) a Villányi-hegység alsó pleisztocén-rétegeiből írta le *Kormos* Tivadar.

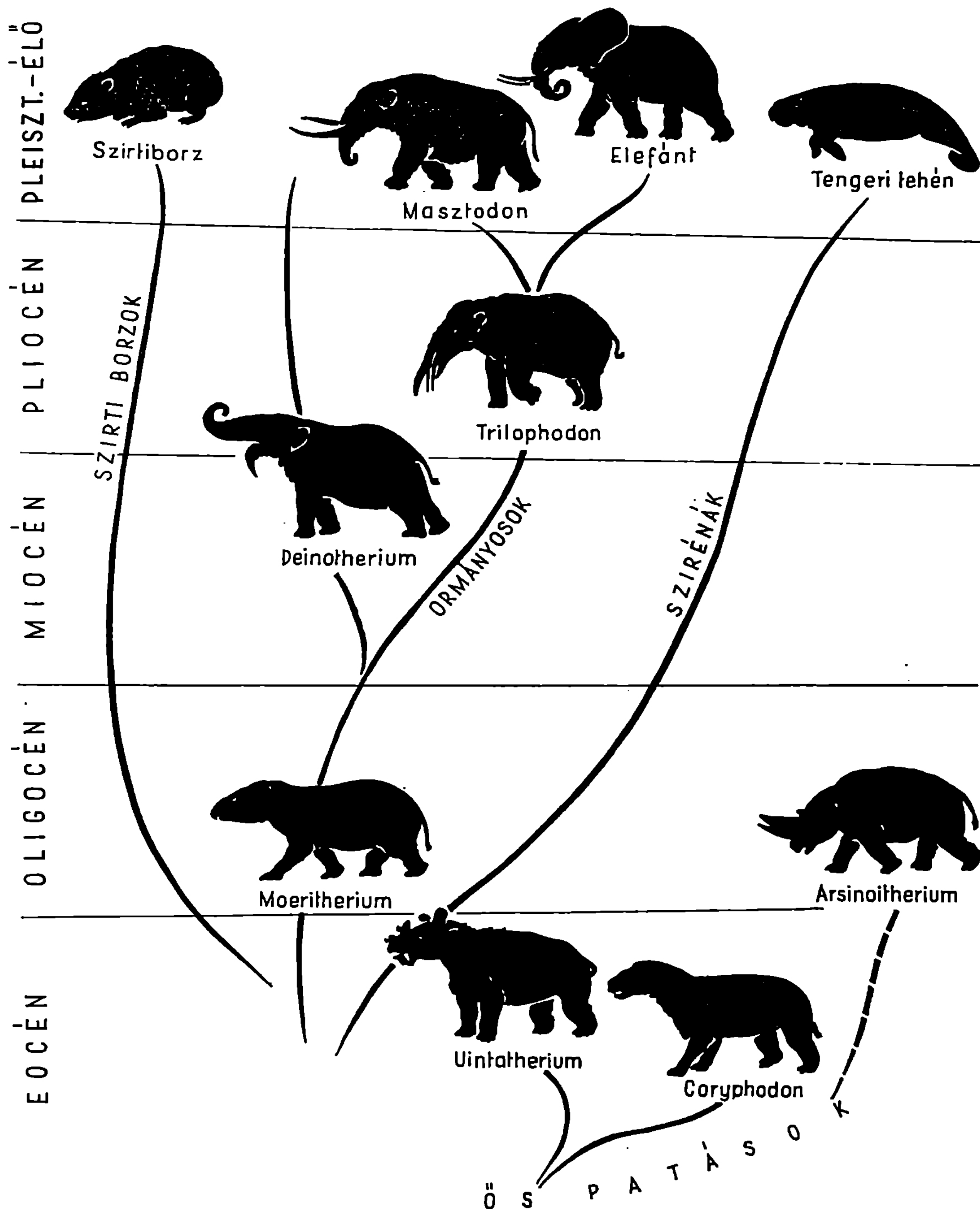
A ragadozók egyetlen ága, a macskafélék (*Felidae*) és rokonaik állnak csak „gyökértelenül" ebben a rendben. Legrégibb ismert képviselőik az eocénben már a húsevő ragadozó életmódhoz minden más ragadozónál magasabb fokon specializálódtak. Előzápfogaik fejlődésében a valódi ragadozóktól teljesen eltérő irányba haladtak, és ezen az úton messze elmaradtak a többi ragadozó fejlettségi fokától. Ez azt mutatná, hogy a ragadozóktól független, önálló fejlődéssel jutottak el a specializálódás ragadozószerű irányába. Természetesen ebben a kérdésben biztosat csak a macskafélék eddig ismeretlen őseinek felfedezésétől várhatunk. Két fő irányban specializálódtak: az egyik a mai macskától az oroszlánig-tigrisig számos alakban mutatja be a legtökéletesebb ragadozó állat típusát, a másik pedig a kihalt kardfogúak (*Machairodontidák*) csoportja hatalmas, késpengeszerű, lapos felső szemfogaival a vad elejtésének egy speciális formájához alakult ki. Ezek a jégkorszak közepe előtt kihaltak és a kevésbé egyoldalúan specializált valódi macskaféléknek adták át a teret.

Említettük a legősibb ragadozók tárgyalása kapcsán, hogy egyes típusaik szinte elválaszthatatlanok a korabeli patásoktól, mások pedig a rovarevők egyes típusaival álltak közelebbi kapcsolatban. Ezek a legősibb, úgynevezett gyűjtőtípusok, a *Condylarthra* néven összefoglalt alsó paleocén—felső eocén időszaki észak-amerikai, délamerikai, és felső paleocén—eocén európai kis középtermetű, nehézkes állatok. Valamennyit jellemzi a teljes fogazat, amelyben a zápfogak a trituberculáris fogazattípus „teljes", tehát 5—6 kúpú formáját veszik fel, alacsony, gumós kúpokkal. Ezek még típusos ragadozó-mindenevő állatok voltak, teljes, ötujjú végtagokkal (*Tetraclaenodon, Phenacodus* stb.).

Már úgyszólván a *Condylarthra* mellett, a paleocéntől kezdve mind gyakoribbak a gyorsan specializálódó típusok. Ezeket specializációs irányuk alapján több-kevesebb nehézséggel be tudjuk sorolni az eocén alsó határáig teljesen kibontakozott tulajdonképpeni patásállat-csoportokba. Négy fő csoportra tagoljuk őket.

Az egyik csoport gyorsan — és igen sokoldalúan — alkalmazkodott; ez kizárólag dél-amerikai alakokat ölel fel. Éppen sokoldalú specializációjuk kényszerít bennünket arra, hogy az ide sorolt számtalan nemzetséget több rendbe osszuk. Általában a *Litopterna, Toxodonta, Typotheria* és *Astrapotheria* rendeket különböztetik meg. Ezeket ugyancsak nem tárgyaljuk külön-külön. Ehelyett csupán azt említjük meg, hogy e négy — illetve a következőkben említendő *Pyrotheria* renddel együtt öt — renden belül Dél-Amerikában szinte teljes tükörképe fejlődött ki valamennyi eurázsiai—afrikai—dél-amerikai patásállat-specializációs típusnak. Nem egy típus hosszú évmilliókkal ezek előtt, mások szinte hajszálnyira velük egy időben fejlődtek ki. Ám mind egy szálig kipusztultak, amikor a pliocén végén Dél-Amerika szárazföldi összeköttetésbe került Észak-Amerikával, s az onnan beáramló, sokkal fejlettebb, gyorsabb növényevők, valamint az itteni ragadozó-erszényesekkel szemben rendkívüli fölényben levő fejlett ragadozók valósággal eltüntették a Föld színéről ezt az élővilágot: a nehézkes foghíjasokat; az óriáslajhárokat; a mozgó búboskemenceszerű óriásövesállatokat; a nehézkes, lassú, ősi típusú patásokat.

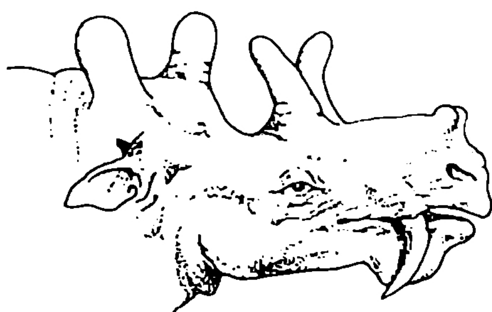
Amíg azonban a maguk elzártságában az erszényes—foghíjas—őspatás békés egyensúlya fennállott, addig itt a legforróbb trópustól a sarkközeli zord éghajlatig, havasok rideg, kopár magaslatáig minden élettér megtelt hozzá alkalmazkodott — de



53. Az ősi jellegű patásállatok fejlődéstörténeti kapcsolatainak vázlata

Észak-Amerika *Machairodusai*hoz, jaguárjaihoz, farkasaihoz alkalmazkodni nem tudó — emlősállat-típusokkal. Megvoltak itt a kis kérődzőknek megfelelő alakok éppúgy, mint a nehéz testű orrszarvúak, sőt ormányosaink hasonmásai; a miocén *Thoatherium* pedig pl. tökéletesebb ló volt, mint amilyenné Észak-Amerikában a valódi lovak 10—15 millió év múlva formálódtak. Közben eredeti ötujjú ősökből ugyanígy alakult ki egyujjú lábformája, meghosszabbodott lábközéppel, és ősi talponjáró formából „ballerinaszerűen" ujjhegyen „spiccelő" alakká, mint később a valódi lovakban kialakult tökéletes futótípusaink.

Ha összehasonlítjuk Dél-Amerika sajátos patásállat rendjeinek típusait mai patásainkkal, vagy éppenséggel a paleocén-eocén-oligocén időszak patásaival, akkor azt látjuk, hogy nagy többségükben nehézkes, zömöktestű állatok ezek, és csak elvétve akadunk egy-egy karcsú, könnyű testű állatra. Ám még ez sem hasonlítható igazán kecses szarvasainkhoz, antilopjainkhoz. Ez vezette a kutatókat arra a megoldásra, hogy az óharmadkor egyes patásállatcsoportjait — a dél-amerikai, előbbiekben tárgyalt rendek kihagyásával — és ezek legközelebbi rokonait külön rendszertani egységbe fogják össze. Nem mint rendszertani egységet, hanem csak mint áttekintést elősegítő segédeszközt fogadjuk el ezt a *Subungulata* „törzset", amelybe (53. ábra) csupa nehéz testű, vaskos állattípus került. Ide tartozik a paleocén-eocén időszaki észak-amerikai, ázsiai, az alsó eocénben európai *Pantodonták* és *Dinoceraták* (54. ábra), az orrszarvúnál is nagyobb, főleg azonban nehézkesebb, ez utóbbiak esetében bizarr szarvakkal, agyarakkal fegyverzett, ellenségeikkel szemben sebezhetetlen állatóriások. Ide sorolják a külsőleg az elefántok ősibb formáira emlékeztető dél-amerikai *Pyrotheria* csoportot. És itt következnek maguk az ormányosok *(Proboscidea)*, ma élő elefántjaink ősei és rokonai.

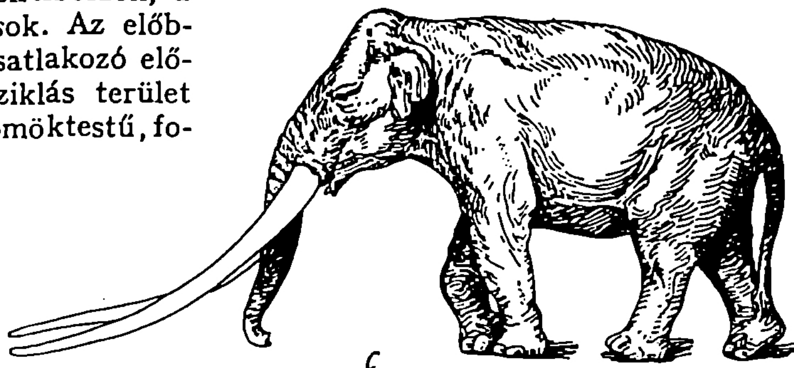


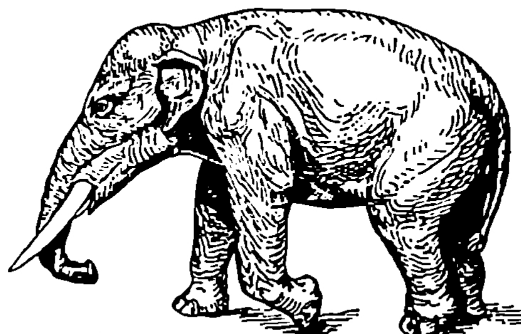
54. *Az észak-amerikai eocén* Eobasileus *őspatás koponya-rekonstrukciója*

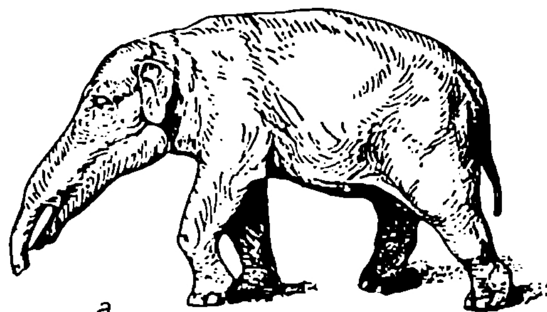
Az ormányosok három önálló fejlődési vonalban fejlődtek, amelyekhez negyediknek az afrikai felső-eocénkori elszigetelt *Barytherium* nemzetségét sorolják. Az első vonal — a *Moeritherium*ok — tulajdonképpen fogazatának teljesen azonos felépítése miatt feltétlenül ide tartozik, annak ellenére, hogy ez a csoport nem fejlődött az ormányossá válás irányában. Rövid életű csoport volt, amelyet eddig csak Észak-Afrika felső eocén—alsó oligocén fajumi (egyiptomi) rétegeiből ismerjük. A második csoport az igazi ormányosok, az *Elephantoidea.* Ezek az oligocén végéig nem lépték át Afrika határát, a miocénben azonban elárasztották Európát, Ázsiát, átjutottak Észak-Amerikába, végül a pleisztocén elején Dél-Amerikát is birtokukba vették. Eközben ősi, párosan elhelyezett, kevés gumós fogból álló fogazatuk és 1—2 pár agyaruk rohamosan továbbfejlődött. Agyaruk az alsó állkapocsban egyes esetekben széles lapáttá alakult *(Platybelodon* stb.), más esetekben teljesen eltűnt. Zápfogaikon a gumópárok száma megnőtt, a gumók elrendezése is megváltozhatott, esetleg alakja vált éles tarajjá. Közben koponya-formájuk hol alacsony, lapos volt, hol tornyos, magas, egészen rövid. Két ősibb családjuk, az afrikai oligocénből kisarjadt *Gomphotheriidák* (55. ábra) és *Mammutidák* (ez utóbbi névnek azonban semmi köze sincs a mammuthoz); mindkettő még a jégkorszak folyamán kihalt. Ma csak az utóbbi oldalágaként kialakult *Elephantidák* élnek. Ezek valószínűleg dél-ázsiai származási területükről a jégkorszak elején jutottak el Európába és Afrikába, végül Észak-

Amerikába is. A jégkorszak végével kihalt legismertebb képviselőjük a szibériai jégbe fagyva, húsostól-bőröstől megmaradt leletből igen jól ismert mammut. (56. ábra.) Mai utolsó, még élő alakjaik, az ázsiai és afrikai elefánt napjai is meg vannak számlálva.

Fogazata, koponyaalkata és egyéb bonctani jellegei alapján rendszertanilag ide, az ormányosok közelébe helyeznek még három, egyébként igen elszigetelt emlősállat-csoportot. Ezek a szirtiborzok, a szirének és a *Desmostylus*ok. Az előbbiek Afrika és a hozzá csatlakozó előázsiai száraz sivatagos-sziklás terület lakói. Nyúlnagyságú, de zömöktestű, fogazatukban igen ősi patás-kapcsolatokat mutató, ötujjú, patásállatkák. Történetük Afrika alsó oligocén-rétegeiig követhető. Az oligocénben-miocénben virágzó kis törzs ma már csak hírmondóival szerepel az emlős-faunában.







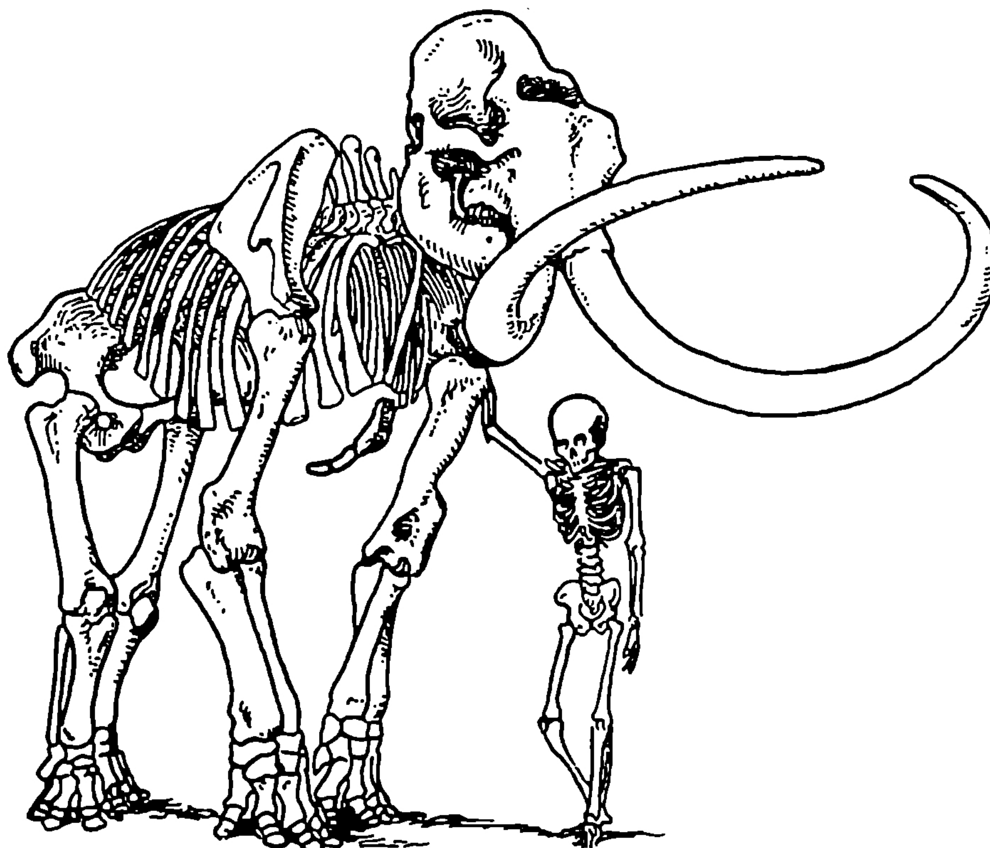
55. *Az ormányosok agyarának fejlődése a miocéni* Mastodon angustidens*től* (a), *a pliocénkori* M. longirostrison (b) *át, az alsó pleisztocéni* M. arvernensis*ig* (c)

Teljesen a vízi életmódra alkalmazkodtak a szirének *(Sirenia)*. Fogazatuk félreismerhetetlen kapcsolatokat mutat az ormányosokéval, egyébként nem sok a párhuzam a fejlődésükben. A sziréneket az eocén közepe óta folyamatos ősmaradványanyag dokumentálja. Virágkoruk a miocénben volt; ma már csak két nemzetségük él (a dugong és a manatusz). Fejlődésük közben a vízi életmódhoz hátsó végtagjuk teljes visszafejlődésével, ezzel párhuzamosan erős farokúszó kialakulásával alkalmazkodtak, miközben növényevő fogazatuk víz alatti „legelésre" kényszerítette őket, amihez ismét egy sereg különleges alkalmazkodási módon keresztül jutottak el. *Sirenavus, Manatherium, Thalattosiren* stb. nemzetségeik révén a magyar tengerben a középső eocén óta úgyszólván megszakítás nélkül ott voltak a miocén végéig, amikor is a Kárpát-medence beltengere gyors kiédesedésnek és feltöltődésnek indult. Addig azonban a viszonylag kis méretű, sekély vízű beltenger igen megfelelhetett igényeiknek.

A *Desmostylus*ok a legújabb felfedezések szerint az ormányosokra sokban emlékeztető, rövid, vaskos lábú, vízi-vízmelléki nehézkes növényevők voltak a Csendes-óceán északibb partjai mentén, az oligocéntől úgyszólván a pleisztocénig. Valódi természetüket, rokonsági kapcsolataikat, életmódjukat azonban még alig ismerjük.

Itt, a patásállatok bizonytalan rokonsága közelében említjük meg az afrikai földimalacok *(Tubulidentata)* és a nyúlformák *(Lagomorpha)* rendszertani csoportjait — nem azért, mintha fejlődéstörténetileg ide tartoznának, hanem mert ezzel is csak a patásokkal fennálló, de teljesen tisztázatlan fokú és irányú kapcsolataikra kívánunk utalni.

A földimalacok afrikai, a Szaharától délre elterjedt, visszafejlődött „foghíjas" fogazatú, megnyúlt kis fejű, gyenge elülső testű, erős hátsó végtagú és farkú állatok. Extrém ásóállatok, valószínűleg kizárólagos termitaevők. A termitavárak falának

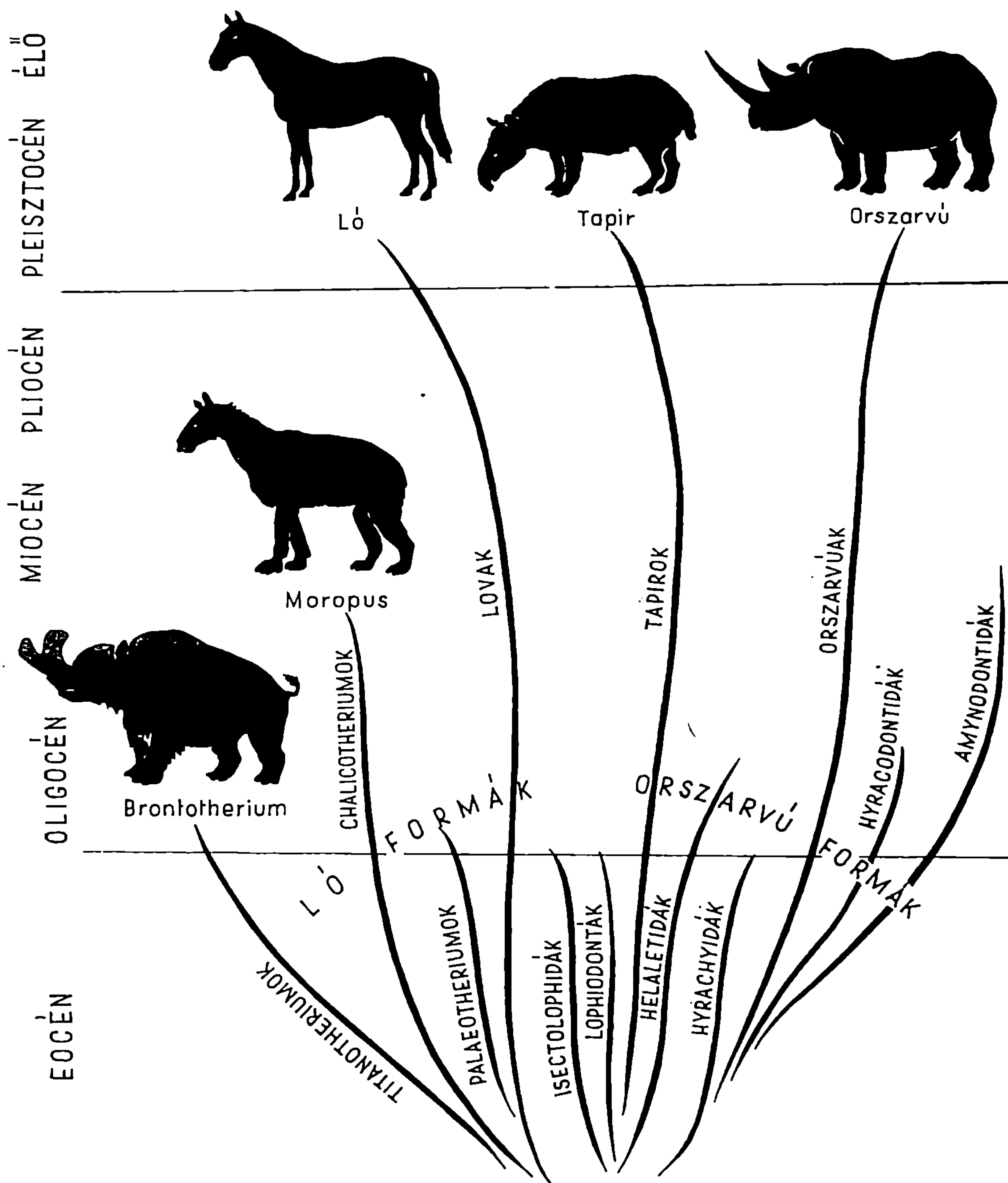


56. Felső pleisztocénkori ormányosunk, a mammut (Elephas primigenius) *csontváza*

kibontására rendkívül erős karmaik vannak. Az őslénytani leletek tanúsága szerint Afrikában a miocén óta folyamatosan éltek. Az alsó pliocénben Dél-Európa és India ún. *Hipparion*-faunáiból sem hiányoztak, de a pliocén folyamán itt kipusztultak.

A másik csoport, a régen a legkisebb kételkedés nélkül a rágcsálókhoz sorolt, ma azonban a patások közelébe helyezett nyúlformák *(Lagomorpha)* első nyomai Kelet-Ázsia és Észak-Amerika óharmad időszakába vezetnek vissza. Ázsia felső paleocénkori rétegeiből előkerült maradványaik már a rend önállóságát igazolják. Ez rövidesen két önállóan továbbfejlődő csoportra szakadt: a füttyentőnyulak *(Ochotonidae)* és a valódi nyúlfélék *(Leporidae)* családjára. Az előbbiek az oligocén eleje óta ismert kelet-ázsiai—európai állatok, az utóbbiak viszont az alsó pliocénig csak Észak-Amerikában fordultak elő, és csak a *Hipparion*-faunák beáramlásával egy időben érték el Európát *(Alilepus)*. Lassú fejlődésű csoport ez. Az oligocén óta alig továbbfejlődve jutottak el (mai?) virágkorukba.

Visszatérve a valódi patásállatokra: két nagy csoportjuk áll még előttünk. A páratlanujjúak *(Perissodactyla)* és a párosujjúak *(Artiodactyla)* rendje. Közöttük — lábalkotásuk alapvető mechanikai különbsége mellett — némi fogazatbeli különbség mutatkozik, amely természetesen a fejlődés folyamán tovább fokozódik. A legfeltűnőbb

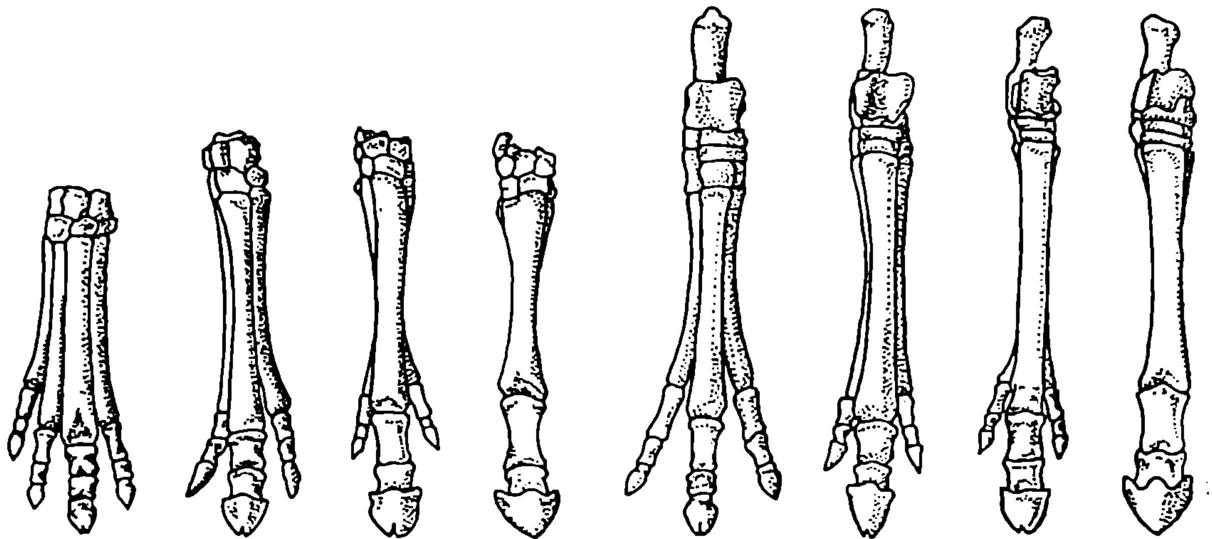


57. A páratlanujjú patások (Perissodactyla) *fejlődéstörténeti kapcsolatai*

különbség azonban az, hogy míg az előbbi virágkorát messze túlhaladt, rohamléptekkel a kihalás felé siető csoport, s a még élő családjai alig egy-két nemzetséggel szerepelnek, addig a párosujjúak gyakorlatilag az oligocén folyamán elindult, a miocén óta rohamosan fejlődő, újabb hajtásai révén a rágcsálók mellett az emlősvilág legerőteljesebb, legfiatalabb törzse.

A páratlanujjúak mélyen a *Condylarthra*-típusokban gyökereznek. Azoktól élesen el sem lehet őket választani. Viszont első megjelenésük pillanatától kezdve kibontakozásuk jól elkülöníthetően 5 önálló vonalon fut. Ez azt bizonyítja, hogy ezek az egyes csoportok már *Condylarthra*-fokon elkülönültek egymástól. Az öt csoport: a lófélék, *Titanotherium*-félék, a *Chalicotherium*ok, a tapír-félék és az orrszarvúfélék. (57. ábra.)

Közülük legismertebb a lófélék kialakulása, amihez több ezer teljes csontváznyi, igen jó állapotú lelet segítette hozzá a kutatókat. Ez a leletgazdagság Észak-Amerikából került ki, ahol gyakorlatilag a lófélék egész története lejátszódott.



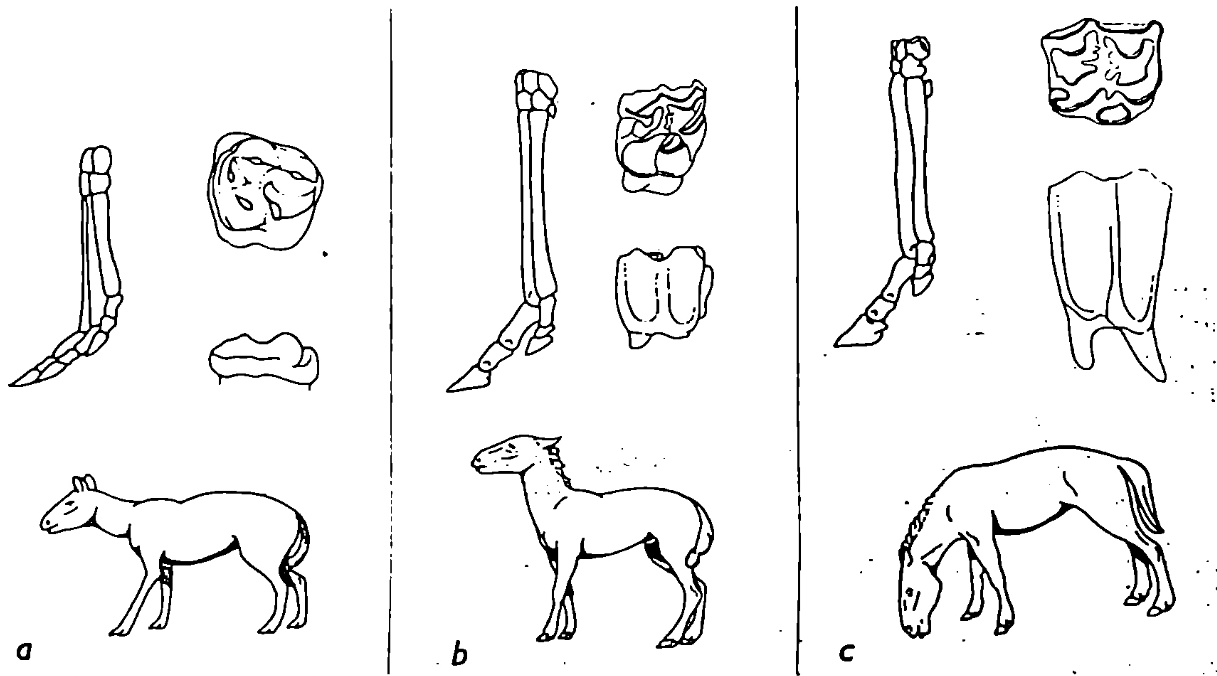
58. Az Eohippus, *a* Miohippus, *a* Merychippus *és az* Equus *nemzetségek végtagjaiak fejlődése (balról jobbra) az egyujjúságig; baloldalt a mellső, jobboldalt a hátsó végtag alsó szakasza*

De hiszen a lófélék nem amerikai, hanem eurázsiai, afrikai állatok, ahol mint vadlovak, szamarak és zebrák ma is élnek — mondja erre az olvasó.

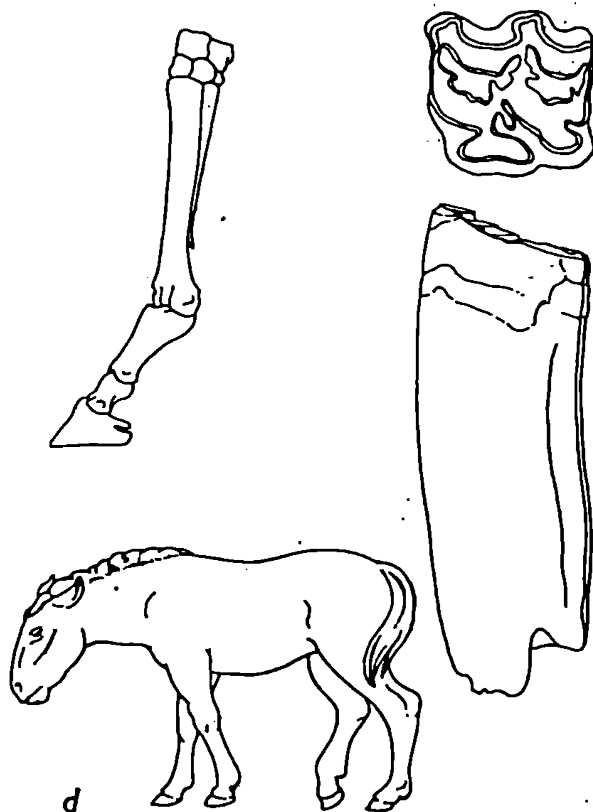
Igen, de csak annyiban óvilágiak, hogy időről időre Észak-Amerikából, ahol egész fejlődéstörténeti kibontakozásuk végbement, egy-egy hullámuk átjutott Ázsiába, Európába, sőt néha Afrikába is. Csak egy oldaláguk alakult ki — és halt is ki — az európai és ázsiai eocénben ill. az alsó oligocénben; a *Palaeotheriidae.* A valódi lovak *(Equidae)* családja alig róka nagyságú kis állatokkal, alacsony kúposfogú, ötujjú mindenevő-növényevőkkel indul az eocén alján Észak-Amerikában. Ez az ősi csoportjuk még az eocénben el is tűnik; helyette két ágban megy tovább a fejlődés. Az egyik, az *Anchitherium*ok ága, szélső ujjainak redukciójával, háromujjú, a mai lovakhoz képest feltűnően nehézkes, alacsony gumós, bordás fogú állatokat hozott létre az alsó pliocénig, miközben a miocén elején Ázsiába-Európába is átjutottak. A másik ágat gyors „végtag-modernizálódás", tehát a kéz- és lábközépcsontok erőteljes megnyúlása, a szélső ujjak gyors redukciója (melynek végén már csak a középső ujj maradt meg, mint a lóláb egyetlen ujja), a zápfogak rohamos átalakulása

oszlopfogakká, — és végül mindezek eredményeképpen a lovak ujjhegyen járó, gyors futású, könnyű testű, fűevő állatokká való átalakulása jellemzi. (59. ábra.)

Ez a fejlődési ág, az *Equinae* vonala kétszer bocsátott az óvilágba oldalágakat. Az első a *Hipparion*ok beáramlása volt a pliocén elején, mégpedig oly tömegben, hogy Eurázsiában és részben még Afrikában is uralkodó elemei lettek az akkori



59. A lovak kialakulásának négy jelentős lépcsőfoka: az eocénbeli Eohippus (a), *az oligocéni* Miohippus (b), *miocénkori* Merychippus (c), *és a ma is élő ló* (d) *végtagjainak ujj-redukciója, zápfogainak fejlődése, valamint méreteinek és külső megjelenésének átalakulása*

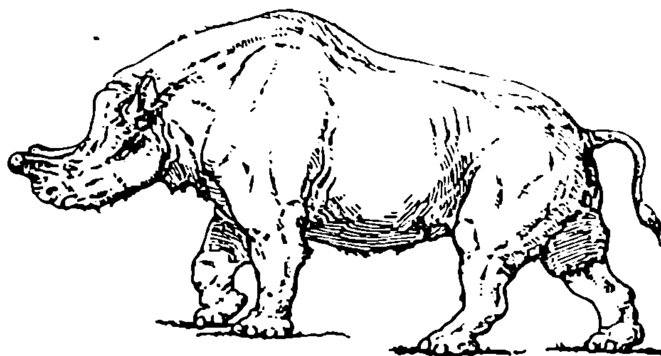


nagyemlős-faunáknak. Ezért hívják ezeket az állattársaságokat *Hipparion*-faunának. A második hullámuk a jégkorszak küszöbén tört be az óvilágba. Ez volt a ma is élő óvilági lófélék beözönlése Amerikából. Érdekes, hogy itt az *Anchitherium*ok még éppen megérték a *Hipparion*ok beözönlését, és csak azután haltak ki. A *Hipparion*ok is túlélték az *Equus*-csoport (a mai lovak, szamarak, zebrák) beözönlésének első mozzanatait, s csak azután tűntek el. Ami azonban a legkülönösebb: miközben az óvilág megtelt a mai lófélékkel, azalatt Észak-Amerikában, a lovak kialakulásának, felvirágzásának klasszi-

kus területén a jégkorszak végére már hírmondója sem maradt a lovaknak. Így eshetett meg, hogy *Cortez* és *Pizarro* spanyoljait az indiánok lovukkal egy élőlényt alkotó csodalényeknek tartották, akik ellen minden ellenállás eleve hiábavaló...

Magyarország területe a *Hipparion*-faunák, a háromujjú *Hipparionok*nak is több mint egy évszázad óta világhírű előfordulási helye. Vas megyében Baltavár, Fejér megyében Polgárdi és Csákvár — az egész világ szakemberei előtt közismert nevek.

Az itt talált ló a jégkorszak utolsó szakában az ősember egyik legfontosabb vadászzsákmánya volt. Később, a jelenkor elején, a csiszolt kőkor vége felé pedig az ember már nemcsak terelgette a vadat, hanem fokozatosan háziasítását is elkezdte, amit a bronz- és vaskori ember már 3—4 évezreddel ezelőtt be is fejezett. A hikszoszok és görögök révén pedig a ló a hadtörténelem nagy ütőkártyái közé is bevonult. Ma még nem tudjuk, hol vette kezdetét a ló háziasítása, csak sejtjük, hogy Belső- vagy Elő-Ázsiában, de egyes kutatók európai háziasítást is feltételeznek.

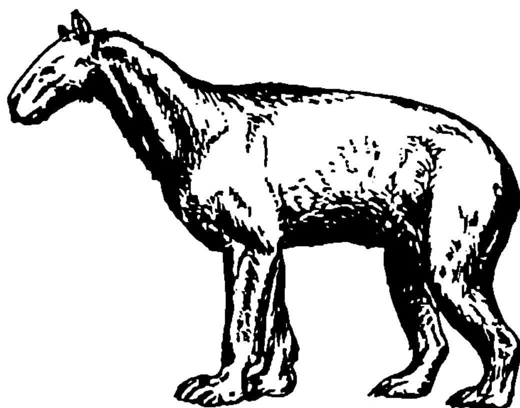


60. Egy észak-amerikai oligocénkori titanotheriida (Brontotherium) *rekonstrukciója*

A *Titanotheriumok (Brontotheriidae)* különösen Észak-Amerikában és Belső-Ázsiában virágzó, fejlődésük csúcsán szinte elefánt nagyságú, némileg az orrszarvúakra emlékeztető, hatalmas, nehéztestű, változatos orr- és homlokszarvakkal felfegyverzett páratlanujjúak. (60. ábra.) A középső vagy felső eocéntől a középső oligocénig éltek. Legelső (középső eocénbe helyezett) leletük Erdélyből, a Kolozsvár melletti Andrásházapusztáról előkerült hosszú nevű *Brachydiastematherium transilvanicum.*

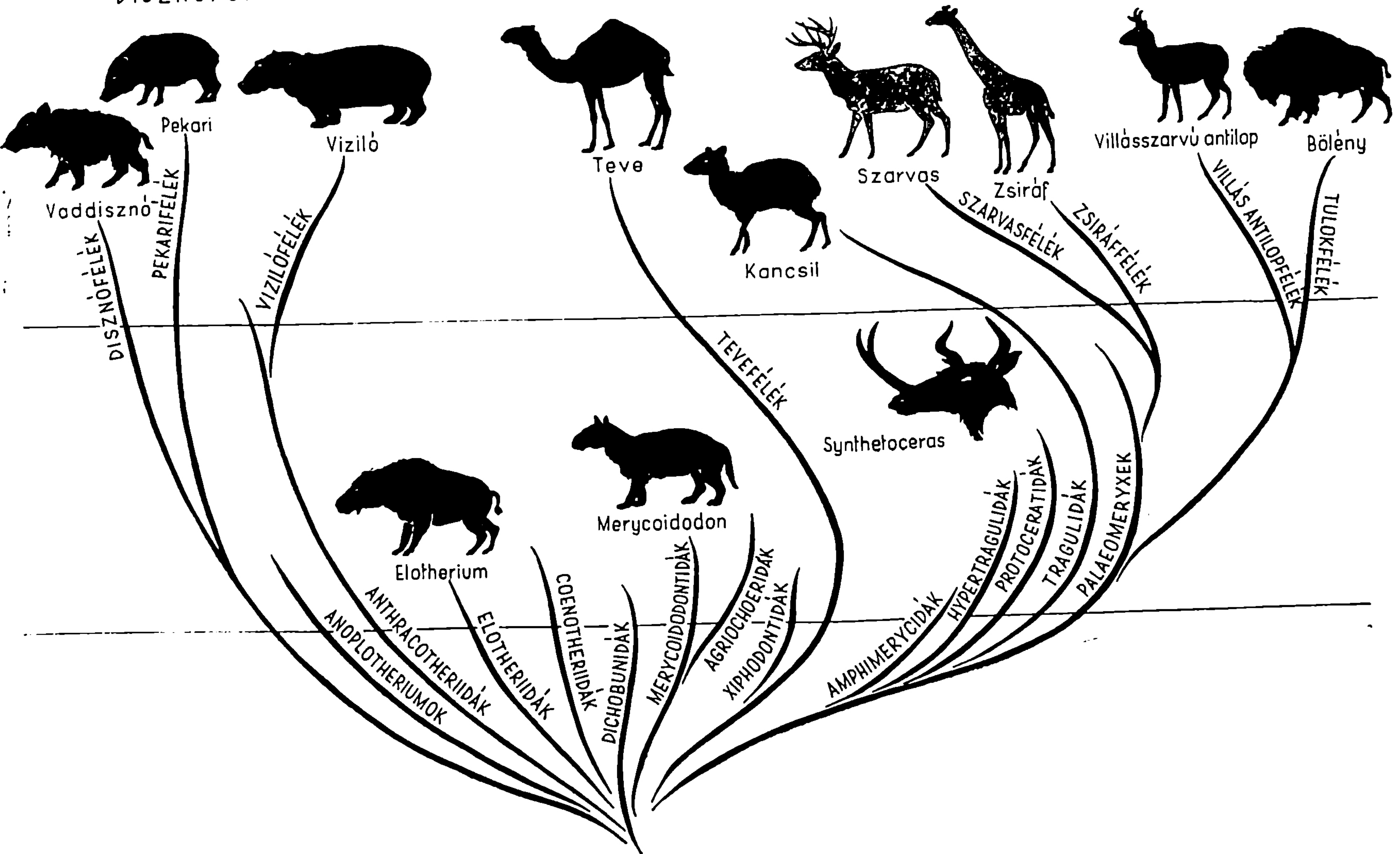
A *Chalicotheriidák* — mintha nem is volnának patásállatok — hatalmas ásókarmokkal felfegyverzett, fogazatukban azonban a *Titanotherium*okkal közelebbi rokonságot tükröző különös, gumók, és más húsos növényi anyagok összezúzására alkalmazkodott fogazatú állatok. (61. ábra.) Bár virágkoruk az oligocén-miocén volt —, Afrikában, Kelet-Ázsiában a jégkorszak alsó részéig éltek. Nálunk a *Hipparion*-faunákkal együtt tűntek el.

Említésre érdemesek még a tapírfélék *(Tapiridae)* és az eocénben vagy legfeljebb az oligocénben kihalt oldalági rokonaik, a *Lophiodontidák*. Az utóbbiak járomszerűen összenőtt zápfog-kúpjaikkal, a tapírok mozgatható, ormányszerű felső ajkukkal szintén a ma már ritkaságszámba menő, nehézkes testű óharmadkori patásállattípust képviselik. Nem is gondolná az ember, hogy a trópusi őserdők



61. Egy karmos „patásállat", a miocénkori Moropus *rekonstrukciója*

62. A párosujjú patások (Artiodactyla) *fejlődéstörténeti összefüggése*


DISZNÓFORMÁK
TEVEFORMÁK
KÉRŐDZŐK
Vaddisznó
Pekari
Víziló
Teve
Kancsil
Szarvas
Zsiráf
Villásszarvú antilop
Bölény
DISZNÓFÉLÉK
PEKARIFÉLÉK
VÍZILÓFÉLÉK
TEVEFÉLÉK
SZARVASFÉLÉK
ZSIRÁFFÉLÉK
VILLÁS ANTILOPFÉLÉK
TULOKFÉLÉK
Synthetoceras
Merycoidodon
Elotherium
ANOPLOTHERIUMOK
ANTHRACOTHERIIDÁK
ELOTHERIIDÁK
COENOTHERIIDÁK
DICHOBUNIDÁK
MERYCOIDODONTIDÁK
AGRIOCHOERIDÁK
XIPHODONTIDÁK
AMPHIMERYCIDÁK
HYPERTRAGULIDÁK
PROTOCERATIDÁK
TRAGULIDÁK
PALAEOMERYXEK

mocsaraiban élő tapírok a Kárpát-medence számos helyéről kerültek elő, és egészen a jégkorszak elejéig éltek.

A régi alkatú patások utolsó csoportja az orrszarvúak *(Rhinocerotidae)*. Fogazatuk tekintetében a tapíroktól nem állnak messze, életmódjuk, orr- illetve homlokszarvuk révén azonban különböznek tőlük.

Legősibb ismert leletük a már említett Andrásháza-pusztáról, a középső eocénrétegekből előkerült apró termetű *Prohyracodon orientalis*. Későbbi fejlődésük során igen változatos, sokfelé specializálódó csoporttá fejlődtek ki. Egyik águk *(Amynodon, Cadurcotherium)* vízi állatokká alakult át, mások szarvatlan orrszarvúként bontakoztak ki *(Aceratherium, Aphelops)*. Egy águkból gyors növekedéssel a legnagyobb termetű emlősállat, az elefántoknál nagyobb *Indricotherium* fejlődött ki. Ez az állat Belső-Ázsiából Erdélybe jutott el terjedési útvonalán. Az orrszarvúak elterjedése ma, kihalásuk előtt, igen korlátozott. Afrikán és Délkelet-Ázsián kívül (ahol ma is élnek még) a jégkorszak végéig éltek egész Európában, Ázsia szinte teljes területén és Észak-Amerikában. Ezekről a területekről csak a jégkorszak végével tűnt el utolsó alakjuk is.

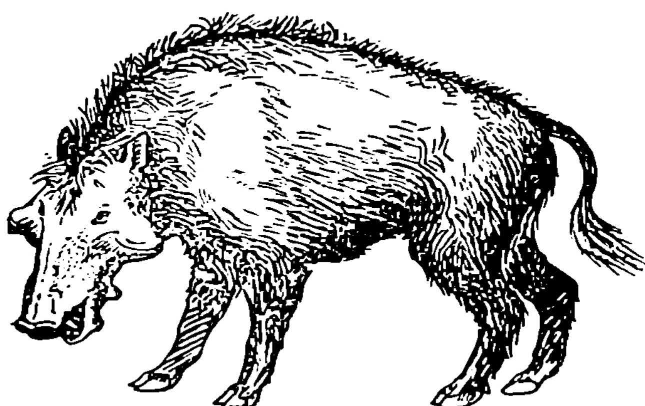
A végnapjaikat élő páratlanujjúak nagy törzse mellett — éles ellentétként — virágzik a párosujjúak *(Artiodactyla)* rendje (62. ábra). Nem minden águk fejlődésképes. Az ún. gumósfogú párosujjúak *(Bunodonta* vagy *Hyodonta)* számos önálló fejlődési vonala — mint az *Elotherium*ok (63. ábra), az *Anthracotheriidák* és mások — az oligocén folyamán, vagy az oligocén-miocén határán nagyobbára kipusztult. Érdekes, hogy ezek is viszonylag rövid lábú, nehézkesebb testalkatú, gumósfogú, tehát fogazat-kifejlődésben is kezdetleges fokon veszteglő alakok voltak. Egyetlen, ma is élő rokon csoportjuk ismeretes. Ezek a disznófélék *(Suidae)* és az amerikai pekarik *(Tayassuidae)*. De ezek sem hasonlíthatók már össze az oligocén-miocénkori, igen sokfelé specializálódott, nemegyszer óriás alakokat létrehozott változatos disznófaunákkal.

A párosujjúak zöme, a középső ujjak fokozódó túltengése és az oldalsók visszafejlődése mellett — főleg a fogazat továbbfejlődésében különbözik a gumósfogú ősi alakoktól. Felső és alsó zápfogainak 4—4 fő kúpja félhold alakot vesz fel, és hol lassúbb, hol gyorsabb ütemben magas fogkoronát fejleszt, vagyis oszlopfoggá válik. E típusból minden tekintetben konzervatív jellegek tüntetik ki két észak-amerikai csoport tagjait. Ezek az oreodonok és a tevefélék *(Tylopoda)*. Az előbbiek a felső eocéntől a pliocén közepéig éltek. Rövidlábú, nagyjából birka nagyságú vagy nem sokkal nagyobb növényevők. Speciálisan Észak-Amerika lakói; különösen az oligocén uralkodó faunaelemei.

A tevék egész fejlődéstörténete a felső eocéntől a pleisztocénig Észak-Amerikában játszódott le. Csak a pleisztocén elején sikerült egy águknak *(Lama)* Dél-Amerika hegyvidékeire, az Andokba, másik águknak, (valódi tevék, *Camelus)* pedig az óvilágba átjutni, ahol a pleisztocén elején nemcsak Ázsiát, hanem Afrika északi részét és Kelet-Európát is benépesítették. Legnyugatibb ismert előfordulásuk a Fejér-megyei Kisláng alsó pleisztocén időszaki leletéből került ki.

A tevék már sok tekintetben lényegesen „modernebbek", mint az eddig tárgyalt patások. Karcsúbb, magasabb testalkatukkal jobb mozgáskészség jár, amit lehetővé tettek a továbbfejlődött végtagok, amikor a két középső ujj középcsontjai egységes csánkcsonttá nőttek össze. Az állatok anyagcseréje pedig gyomruk beosztásának továbbfejlődésével javult.

A párosujjúak következő — utolsó — egysége a kérődzők *(Ruminantia)*. E vonal halad a legtovább. Gyomruk — az emésztés több szakaszra bontásával (összezúzás a fogak közt, előemésztés, továbbrágás, második emésztési folyamat), a kérődzéssel



63. Az észak-amerikai, disznó-külsejű oligocénkori Achaenodon *rekonstrukciója*

anyagcseréjüket sokkal gazdaságosabbá teszi. Végtagjaik továbbfejlődése gyorsaságukat növeli. A koponyafüggelék miocén folyamán elindult kialakulásával (szarv, agancs) az aktív védekezés és támadás hathatós fegyvereihez jutottak.

A kérődzők a kisebb jelentőségű oldalágak (64. ábra) elhagyásával három fő csoportra oszlanak: szarvasfélékre *(Cervidae)*, zsiráffélékre *(Giraffidae)* és tulokfélékre *(Bovidae)*. Mindhárom ág bizonytalan, az oligocénig visszanyúló ősi formáktól eltekintve a miocénben indul kibontakozásnak. Az első kettő valószínűleg kezdetben közös fejlődéssel, az utóbbiak azonban rögtön önálló utakon.

Míg ugyanis a szarvasok-zsiráfok koponyáján a homlokcsont kinövéséből keletkező élő, szőrös bőrrel bevont nyúlványok a szarvasok agancsának és a zsiráfok „szarvainak" közös eredetére utalnak, addig a tulokfélék szarvai kezdettől fogva a koponyatetőn kialakult, csak később hozzánőtt és szarvcsappá nagyobbodott, elszarusodott bőrrel fedett függelékek. Emellett a tulokfélék fejlődésére jellemző a zápfogak sokkal gyorsabb ütemű oszloposodása, mint a szarvasoké, vagy éppenséggel az ebben a tekintetben egészen kezdetleges fokon megrekedt zsiráfoké.

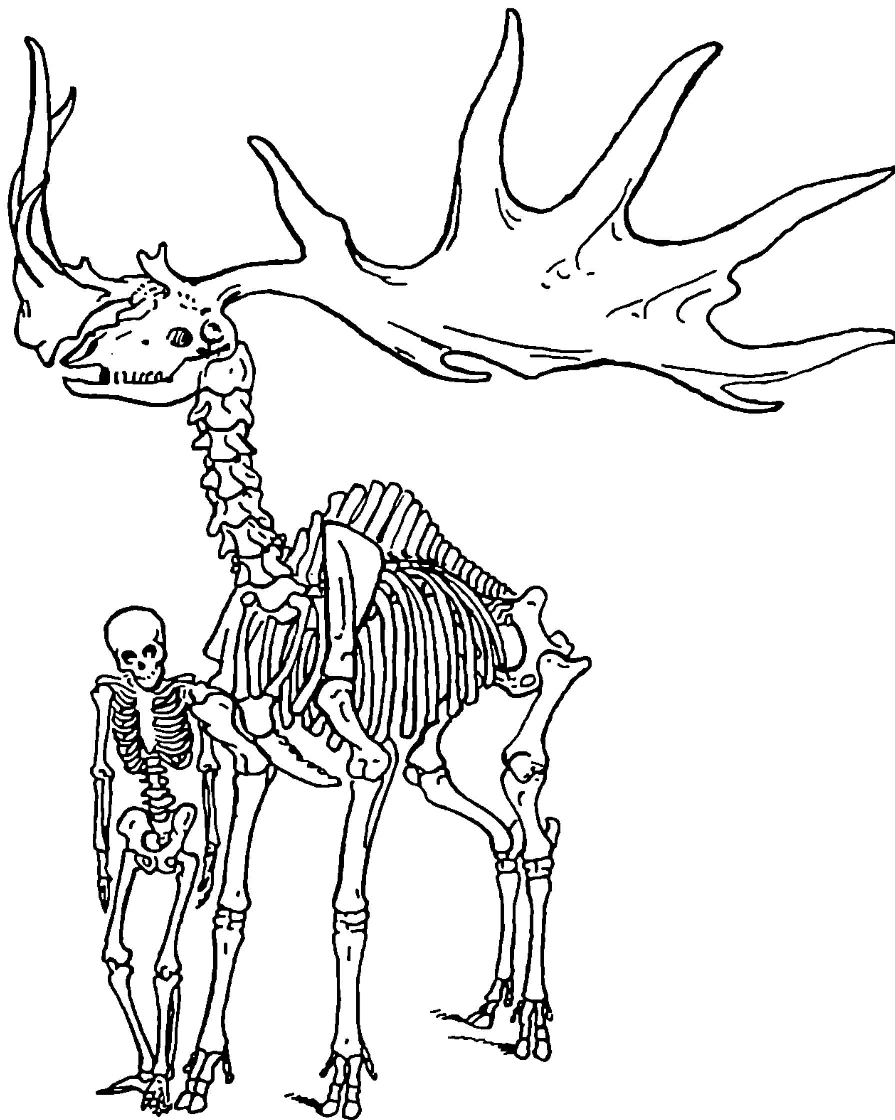
Bármennyire is érdekfeszítő, nem térhetünk itt ki a szarvasagancs szinte legkisebb részletekig ismert fejlődéstörténeti kialakulására, az első nyárstól a gímszarvas vagy óriásgím hatalmas agancsrendszeréig. Annyit azonban megjegyzünk, hogy a szarvasok agancsa, amelyet az állat évről évre „levet" és újranöveszt, az egyén élete folyamán épp olyan fejlődési fokokon keresztül jut el a fejlődése és ereje teljében pompázó szarvasbikák agancsáig, mint az agancs fejlődéstörténeti kialakulása 15—20 milliós éve alatt mai csúcspontjáig eljutott.

A szarvasok, illetve a szarvasagancs kialakulása mai sokféle megjelenési formájáig a miocén folyamán kezdődött, számos kihalásba fulladt „zsákutcával". Különösen Észak-Amerika földtörténeti múltja bővelkedik ilyen „kísérletek"-ben, bár Európa és Ázsia sem volt mentes ezektől a vakon végződött fejlődési vonalaktól. Mai szarvasaink számos miocénkori és néhány *Hipparion*-faunabeli (tehát alsó pliocéni) próbálkozás után valamelyik a *Hipparion*-faunákkal Észak-Amerikából Eurázsiába



64. Bizarr külsejű észak-amerikai pliocénkori kérődző (Synthetoceras) *koponyarekonstrukciója*

eljutott ágból sarjadtak ki. A felső pliocénben már kezdtek a mai formák gyökerei mutatkozni. A pleisztocén közepe előtt már valamennyi mai típus megvolt. A jégkorszak elején illetve a jégkorszak visszahúzódásával együtt eltűnt szarvasféléket (óriásgím, 65. ábra) is ismerünk. Egyik-másik pedig — mint a Magyarország területét a jégkorszak vége felé nagy csordáival elárasztó rénszarvas *(Rangifer* 66. ábra*)* vagy

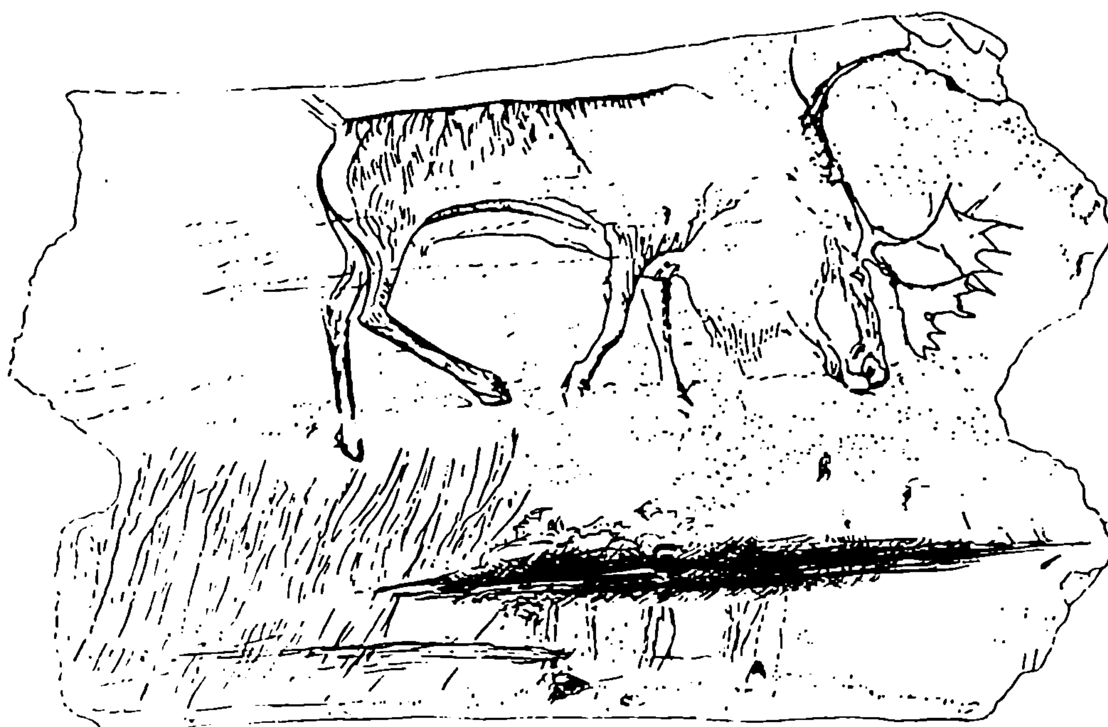


65. *A felső jégkorszaki óriásgím* (Megaloceros) *rekonstrukciója*

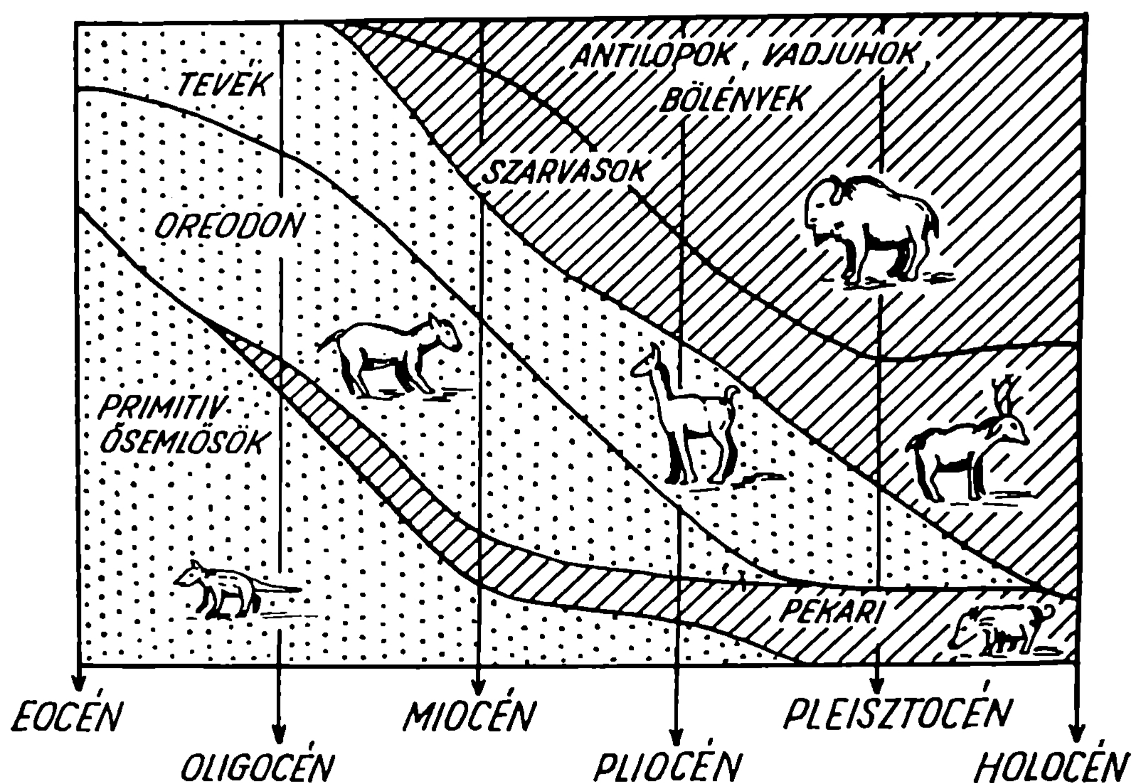
jávorszarvas *(Alces)* — északabbra, éppenséggel a sarkköri jeges tundrákra húzódott vissza. Észak- és Dél-Amerika mai szarvasai megint csak jégkorszak-eleji visszavándorlók. (67. ábra.)

A tulokfélék az antilopok, a kecskék-juhok és tulkok csoportjára bonthatók. Ez a felosztás azonban inkább csak a jobb áttekintést, mintsem a rendszertani kapcsolatok hű szemléltetését szolgálja.

Talán az antilopok állanak a kezdetlegesebb fejlettségi fokon, bár e tekintetben igen különböznek az egyes antilop nemek. Ezek az állatok szinte észrevétlenül jelen-



66. *A közép-európai rénszarvas* (Rangifer tarandus) — *ahogy azt a kortárs művész a jégkorszak vége felé látta (ősemberi rajz)*



67. *Az észak-amerikai párosujjú fauna átalakulása az eocéntől napjainkig, az ősi csoportok visszahúzódása és az új csoportok uralomra jutása révén*

nek meg a szarvasok mellett a miocén eleje után, de gyakoribbakká csak ez időszak vége felé válnak. A *Hipparion*-faunák jelentik az antilopok virágkorának kezdetét. Azóta sem hanyatlottak vissza: Ázsia, főleg azonban Afrika melegebb füves-erdős területeinek legtömegesebb nagyemlősei.

Fejlődésben az antilopokat túlhaladó oldalhajtás a *Hipparion*-faunákban vagy ezeket követően a valódi tulkok *(Bovinae)* és a juhok-kecskék *(Ovinae)* ága. Magas oszlop-fogaikkal, valamint az előbbiek erőteljes testalkatukkal, az utóbbiak pedig hegyi —, egy oldalágukban *(Ovibovinae*, pézsmatulok) belső-ázsiai — sarkvidéki alkalmazkodással tűnnek ki.

A valódi tulkok a jégkorszak folyamán Dél-Ázsiából Észak-Ázsiába, Észak-Amerikába, illetve Európába és Afrikába áramlottak szét. Észak-Amerikáig az Európában is igen elterjedt, és csak az elmúlt évtizedekben kipusztított bölények *(Bison)* jutottak, míg a szarvasmarhák *(Bos)* Dél-Ázsiából csak Európáig — Észak-Afrikáig jutottak el. Belső-Ázsiára korlátozódott a jak. Viszont Ázsia-Afrika melegebb tájaira mindenhova eljutottak a bivalyok *(Anoa, Buffelus, Bubalus)*.

A magyar föld igen gazdag jégkorszaki bölény- és őstulok-leletekben, bivalymaradványok azonban nem kerültek innen elő. Ezeket már az ember hurcolta be Európába a történeti időkben. Csak egy-két leletüket ismerjük Európa idősebb-jégkorszaki, melegebb szakaszaiból. Az őstulok — mint későbbi házi szarvasmarháink őse — nagy jelentőségű. A juhokkal együtt ugyanúgy háziasította az ősember, mint a lovat, csakhogy a disznóval együtt sokkal korábban fogott hozzá az állomány tervszerű tereléséhez, gondozásához, mint a lovak esetében.

A juhok rokonságából magyar vonatkozásban megemlítjük a jégkorszakban elterjedt kőszáli kecskét *(Ibex)*, s a ma Grönland és Kanada jeges tájain élő, a jégkorszak felső részében azonban Magyarországig „lerándult" pézsmatulkot *(Ovibos)*.

A tulokfélék, és bizonyos tekintetben még a szarvasfélék is — a páratlanujjú lovak mellett — az emlősök fejlődésének, egyben az egész mai állatvilág fejlődésének csúcspontját jelentik. Anatómiai fejlődésük, csontvázuk kialakulása, mozgáskészségük, a külső körülményekhez való alkalmazkodásuk, anyagcseréjük takarékossága, a tápanyagok felhasználása, növekedésük gyorsasága, kirobbanó történeti kialakulásuk — közismert dolog.

És ha mégsem tekintjük őket az élővilág korlátlan csúcsteljesítményének, annak az az oka, hogy itt számolnunk kell egy másik csoporttal. Ez pedig a végtagalkotásban (ötujjúság), a fogazat specializálódásában (alacsony, gumós fogazat), a fejlődés gyorsaságában, anyagcsere-takarékosságban egyaránt igen kezdetleges fokon álló *Primates* rend. De mindezek ellenére *mégis az élővilág egésze fölé emeli ezt a fajszámra igen kis csoportot az agyvelő egyedülálló, kirobbanó ütemű fejlődése*, és ennek eredményeként e rendnek a természetben elfoglalt helye. Egy új, az emlős-fokozat fölötti fejlődési lépcső talán még nem is sejtett méretű kibontakozásának kezdete jellemzi ezt a csoportot.

A jövő kapujában: az ember

Valahol a *Hipparion*-faunák erdőkkel váltakozó, bozótos-füves területein a *Dryopithecus-Sivapithecus* ág egy alakja vagy csoportja az őserdőből kinyomult az elszaporodó füves területekre. Talán úgy is mondhatnánk, hogy egyik őserdő-foltból a másikba mind gyakrabban kellett bokros-füves területeken átváltania, hogy a táplálékul szolgáló gyümölcsöt megfelelő mennyiségben összeszedhesse. Lassanként hozzászokott a nyílt térségeken való közlekedéshez. Itt kevesebb gyümölcs, de több

apróállat várta. Jobban rászokott tehát erre, az őserdőben csak mellékesen keresett és talált táplálékra.

Ezeknek az alakoknak őserdei, fán lakó életmódjuk kezüket annyira fogó, kapaszkodó végtaggá alakította át, hogy — mint az ebben a tekintetben végletesen specializált gibbonok — a földön járáskor mellső végtagjaikat nem használva, csakis a hátsókon jártak. Ezzel létrejött a felemelkedés, a két lábon járás fokozódó kényszere, ami végül is teljesen két lábon járóvá, egyenes, felemelt testtartásúvá tette őket. Így természetesen kezük még inkább a kapaszkodás-megragadás-fogás speciális eszközévé vált.

Az egyoldalú őserdei — gyümölcsevő életmódról való áttérés, a változatos terep, a sokoldalú táplálkozás, az ennek megszerzéséhez szükséges igen sokféle tevékenység, a síkon megszaporodott veszély ellen való védekezés fokozottabb követelményei, a kéz sokoldalú felhasználhatóságának és az egyenes testtartásnak az előnyei — párosulva az amúgy is legfejlettebb agyú állatok sokoldalú reflex- és tapasztalati képzet-anyagával —, kölcsönhatásban az agy és életmód hatalmas méretű továbbfejlődésének, komplikálódásának útját nyitotta meg.

Nem a mi dolgunk elvileg tisztázni, hogy a reflexek milyen kombinációja vezet egy olyan mértékű fogalomalkotásig, amely már a gondolkodás kritériumának felel meg. Szintén nem a mi feladatunk felhívni a figyelmet arra a tényre, hogy a kéz mint szinte korlátlanul sokoldalú „szerszám", milyen tág lehetőséget nyújt a reflex- és ezeken keresztül a gondolatképzéshez. E folyamat analízise helyett paaleontológus feladata észlelni az alaktanilag észlelhető változásokat és azokat összefüggő eseményláncba kapcsolva figyelmeztetni az összefüggésekre.

Az őslénytan kutatója adatokat gyűjt, amelyek segítségével az emberszabású majmok és az ember közti morfológiai (alaktani) űrt minél tökéletesebben áthidalhatja. E folyamatot ugyan az ősembertan külön tudományterülete figyeli a legteljesebb részletességgel, nagy vonásokban azonban az ősállattan kutatója is foglalkozik vele. Ennek az elgondolásnak a jegyében követjük az emberréválás folyamatának lényegesebb mozzanatait.

A pliocénben főleg India ún. Sivalik-rétegeiből ismerjük az emberszabású majmok leleteit, ahol a *Sivapithecus*, a *Bramapithecus*, a *Ramapithecus*, a *Hylopithecus*, a *Sugrivapithecus* nemzetségnevek alatt a miocén időszaki *Dryopithecus*énál rövidebb, kevésbé vaskos állkapcsú, kisebb szemfogú, szétállóbb állkapocstestű leleteket fedtek fel. Mindeme jellegek közelebb hozzák ezeket a maradványokat az ember állkapocs- és fogazat-felépítéséhez. Ezzel azonban ezen a vonalon zsákutcába jutottunk. A kaukázusi *Udabnopithecus*, az anatóliai *Ankarapithecus* sem viszi előbbre a kérdést.

Így a legközelebbi láncszemet, sőt láncszemeket Dél-Afrika adja, ahol előbb a kis *Australopithecus*, majd a *Paranthropus*, a *Plesianthropus*, a *Telanthropus*, és legújabban *Zinjanthropus* néven leírt maradványok váltak ismeretessé. Ezek a leletek — amelyek korban ugyan tetemesen fiatalabbak (legalább 4—5 millió évvel későbbiek), mint az indiai leletek — ideálisan megfelelnek annak a külső megjelenésnek, amit a *Sivapithecus*-fokozat és legrégibb ismert emberős közti átmenettől várunk. Az ember eredetének kutatói számára nagy szerencse és könnyebbség, hogy e leletek jó része kitűnő állapotú, s nemcsak a fogazatot, állkapcsot őrzi, hanem megbízható képet ad e fokozat koponya-formájáról és koponya-méreteiről, tehát agyüreg-méreteiről, űrtartalmáról, valamint arc-formájáról is.

Egyetlen tulajdonságuk miatt azonban ezeket az afrikai „előembereket" mégsem soroljuk az ember közvetlen ősei közé: zápfoguk rágófelületének megnagyobbodása azt bizonyítja, hogy az ember közvetlen elődeinek egy igen közeli rokon, mindazonáltal eltérő irányban specializálódott oldalhajtását jelentik.

A „*Pithecus*"-fokozattal a sor Afrikában megszakad, s a fejlődés következő fokát Ázsiában, mégpedig Indonéziában, Jáván kell keresnünk, ahol még a múlt század végén *Dubois* belga orvos felfedezte, és a harmincas években *Koeningswald* német származású holland paleontológus igen sok lelettel kiegészítette az oly elkeseredett vita központjává lett *Pithecantropus erectus* kezdetleges formát. Valaha hevesen vitatták emberős voltát. Ma már ezen túl vagyunk. Az afrikai *Australopithecus*nak és rokonainak a felfedezése után az emberős-tagadók inkább e leletek emberős voltának tagadására tértek át — kevés sikerrel. A *Pithecanthropus* tagadását különben egy további lelet, az észak-kínai Csukoutien *Sinanthropus* néven ismertté vált leletei tették reménytelenné. A *Sinanthropus* felfedezése után ugyanis már reményteljesebb vállalkozás volt a *Pithecanthropus*, a *Sinanthropus* és a *Homo* (a mai ember) nemzetségek elválaszthatóságának tagadása, mint az emberős-jelleg tagadása. Ma már a koponyaalkatban, az arc emberivé válásában, a koponya-űrtartalom fokozatos növekedésében a *Paranthropus—Plesianthropus*-csoport, a *Pithecanthropus—Sinanthropus*, és az ember olyan szoros láncot alkotnak, hogy az embernek az *Anthropoidea*-ágból való közvetlen származása gyakorlatilag adatszerűen dokumentált, bizonyított tény.

A közben felvetődött oldalágak — az indonéziai *Meganthropus*, a dél-kínai *Gigantopithecus* — révén felmerült az óriásnövés, valamint az utóbbi években felfedezett észak-afrikai *Atlanthropus* kérdése, vagy a rajnavidéki Mauer híres állkapocsselete, a *Homo heidelbergensis* besorolásának vitája, vagy a felső jégkorszaki kihalt emberfaj, a *Homo neandertalensis* oldalág — vagy közvetlen ős szerepe — már nem a paleontológust érdeklő kérdések. Ezek inkább az anthropológust izgatják.

A paleontológus számára itt egy másik probléma vetődik fel.

Ez pedig a következő. Kb. 40 millió év alatt kialakult az emlősök ősibb fejlődési hulláma. Nem egészen 30 millió év alatt létrejöttek az emlős-fejlődés „modern" típusai. Nehéz volna észrevétlen hagyni, hogy e fejlődés harmadik hullámának az elején állunk. Ezt a hullámot is legalább 20 millió évre becsülhetjük. Hogyan fog ez alakulni?

Tény az, hogy az óharmadkori fejlődési hullám végével — az ezt leváltó új fejlődési szakasz mellett — a régi hullám néhány csoportja tovább élt. Csak éppen nem játszottak uralkodó szerepet a faunában. Fejlődésünk meglassult, formagazdagságuk pedig fokozatosan megcsappant. Amikor a jégkorszak végével ezek egész sora a kihalás határára jutott (ormányosok, páratlanujjúak stb.), új jelenség kezdett érvényesülni. Ez: az ember rohamos szaporodása, és a nagyemlős-faunában véghezvitt pusztító tevékenysége. Ha ezt egyszerű tényként fogadjuk el, akkor lehetetlen észre nem vennünk, hogy az ember közbelépésének eredménye kb. ugyanaz lesz, mint a kréta végi nagy fauna-átalakulásé. Akkor az óriáshüllők faunája pusztult ki gyakorlatilag nyomtalanul, és néhány túlélője mellett kialakult az új emlős-fauna, kitöltve az élővilágban a hüllők megüresedett helyét. Nos, ha néhány évtizedre előrevetítjük a nagyemlősök várható sorsát, akkor azt látjuk, hogy az egész Földön ezek kihalása már csak idő kérdése. A háziállatok révén néhány fajuk még valamivel túléli a korábban vadon élt, majd a rezervátumokban is kipusztuló vad rokonait. Végül az emlősfaunából csak a kisemlősök, a rovarevők, a denevérek, a rágcsálók nagy része, a kis ragadozók fognak megmaradni, mellettük pedig a kihalt emlős-fauna helyét is egységes óriáspopuláció (állomány) formájában az emlős-fauna uralmát leváltó „ember-fauna" veszi át.

Eddig nem nehéz eljutni a következtetésekkel. Azt azonban már nehezebb megmondani, mi lesz ezzel az „ember-faunával" az elkövetkező évmilliók folyamán. Nem az érdekel bennünket, mi lesz a túlnépesedés következménye. Ez a közgazdász problémája. Arról sem vitatkozunk, mik az emberiség esélyei, kiirtja-e önmagát

egy legborzalmasabb háborúban. Mi csupán azt vizsgáljuk, mi történik, ha az emberiség vagy nem népesedik túl, vagy — míg ez a veszély végzetessé nem válik — megoldja a szintetikus táplálék problémáját, vagy korlátot szab a szaporodásnak stb. Föltesszük, hogy megfelelő életmóddal tud védekezni jelenlegi életmódjának degeneratív elfajulásai elen. Még arra is gondolunk, hogy a terhességi idő meghosszabbodásának megakadályozásával vagy lerövidítésével, esetleg mesterséges embrió-neveléssel sikerül az emberiségről a mindinkább elnyúló terhesség és nehezebbé váló szülés veszélyét elhárítani. Ebben az esetben feltétlenül számolnunk kell az agy növekedésével, vagy legalábbis komplikálódásával, az arc további redukciójával, az állkapocs rövidülésével, a fogazat redukciójával, az ujj-redukciókkal, a gerincoszlopban pedig az egyenes tartás folytán következő további változásokkal. Íme ezek lennének a „legközelebbi" változások. Azt, hogy ezeket mi fogja még követni —, nemcsak az ember anatómiai felépítéséből és eddigi fejlődéséből adódó szükségszerűség, hanem sokkal inkább az ember jövőbeli életmódja és legfőképpen a fiziológus fokozódó beavatkozása fogja megszabni. Azzal, hogy az ember nem elszigetelt kis helyi „állományokban" él, hanem rohamosan halad a minden határt elmosó univerzálódás felé, kizárja az elszigetelt helyi fejlődésre alapított fauna-képződés lehetőségét. Hiába szorítja ki az ember az emlősöket, madarakat a Föld színéről —, nem fog az egymást leváltó kétéltű-, hüllő- és emlős-fauna mintájára ember-fauna kibontakozni. Az ember a fajtákra-fajokra való elszigetelődés helyett rohamosan válik „kiegyenlített állománnyá", amivel a megelőző fejlődési hullámokkal való minden párhuzamba állítást eleve lehetetlenné tesz. (68. ábra.)



68. Ilyenekké válunk? — Shapiro *elgondolása a jövő emberéről*

Mindezek alapján valószínű, hogy az ember a természeti helyéből adódó fejlődésnek tulajdonképpen csak az elején, a kapujában van. De hogy ez a fejlődés bekövetkezik-e, illetve hogyan fog lezajlani —, az elsősorban magától az embertől függ.

Ebben pedig alapvetően különbözik minden megelőző fejlődéstől.

II. A GERINCES ÁLLATOK BENÉPESÍTIK A FÖLDET

Tér és idő

Egy ásvány vagy kőzet megjelenését (vagy hiányát) egy bizonyos lelőhelyen csak a keletkezés körülményei befolyásolják. Vagyis bizonyos ásványok mindenütt előfordulhatnak, ahol a föld mélyéből, az „olvadékból" azonos körülmények közt, ugyanolyan magmás eredetű kőzet tört ki és merevedett meg. De az nem befolyásolja, hogy ez a folyamat vajon Ausztráliában, Kanadában vagy történetesen a Tokaji hegyen történt-e.

Más a helyzet az élővilág ma már megközelítőleg 3 millió féle ismert élő és kihalt képviselőjével. Azért hangsúlyozzuk, hogy csak az ismertekről beszélünk itt, mert ha valamennyi kihalt alakot is ismernénk, 1—2 milliárd fajról kellene beszélnünk. Ezek valaha mind a Föld felszínének valamely területén alakultak ki, körülhatárolt területet népesítettek be.

Természetesen ennek a területnek a határait sok szempont szorította és szorítja össze vagy tágítja ki. Így természetesen szinte korlátlan elterjedésűek azok a véglények, amelyek porszemnél is kisebb, betokozódott spóráit a szél akadálytalanul kapja fel és terjeszti szét az egész földfelületen. Ezek a véglények természetesen ma éppúgy, mint a múltban, az egész Földön mindenütt megtalálhatók.

De már nem ez a helyzet a magasabbrendű, soksejtű növények és állatok elterjedésével. Természetesen itt is sok a fokozat. Így pl. igen nagy elterjedési lehetőséggel rendelkeznek a világtengerek lakói, melyeket tengeráramlások szinte korlátlanul szállítanak — különösen az önállóan kevésbé mozgékony primitív alakokat és a lárvákat. Itt is főleg a hidegebb vizeket is tűrő alakok vannak előnyben, mert bizonyos mélységtől lefelé a világtengereket 4 C° körüli hőmérsékletű víz alkotja az egyenlítőn és a sarkvidékeken egyaránt. Így azután az Északi-sarkvidék élővilága a mélyebb tengerszinteken keresztül szinte akadálytalanul sodródhat pl. a Déli-sarkvidék vizeibe. Természetesen ez sem ilyen egyszerű, de számtalan adottság kombinációja révén ez bekövetkezhet, — aminthogy be is következett igen sok esetben, amit a két sarkvidék tengeri élővilágának nagy hasonlósága is bizonyít.

Ám a többé-kevésbé zárt vízrendszerek, főleg pedig a szárazföldek állat- és növényvilágának elterjedése annyi akadályba ütközik, hogy ennek egyes mozzanatai az élővilág legalább oly izgalmas és érdekes történeti szövevényét alkotják, mint az egyes fajok eredetének, kialakulásának és kihalásának története!

Természetesen az egyes fajok elterjedésében az első szempont a fizikai adottságok összessége: a hőmérséklet, a levegő-nedvesség, a légnyomás, a táplálékul szolgáló anyagok és élőlények sajátságai és hozzáférhetősége illetve mennyisége, a lakó- és búvóhelyek száma és mineműsége, az ellenségek száma és veszélyessége, a terület

lakottsága, ezen keresztül a faj életlehetőségeinek bizonyos minimumot elérő háborítatlansága, a szaporodás, a fiasítás felnevelésének, megmaradásának lehetőségei. Ezeken kívül még sok más szempont befolyásolja a faj elterjedését.

Talán említeni sem kell, hogy ezek a feltételek fajonként állandóan, vagy legalábbis bizonyos idő elteltével kisebb-nagyobb mértékben megváltoznak; ebből következik, hogy a faj elterjedési területe kitágul, összeszűkül vagy esetleg — amennyiben az elterjedési terület közbenső szakaszain válik a faj számára lehetetlenné az élet — több egymástól elszigetelt területre bomlik fel.

De ugyanúgy az utóbbi ellenkezője is bekövetkezik: földrészek szakadnak szét, illetve más földrészek közt keletkezik szárazföldi összeköttetés. Egyes élőlény-csoportok, amelyek esetleg évmilliókon, vagy évszázmilliókon át éltek egy földrészre korlátozva, — földtani mértékkel mérve hirtelen keletkezett földnyelveken, szárazföldi „hidakon" keresztül átjutnak más földrészekre, hogy új hazájukban esetleg változatosabban virágozzanak tovább, míg eredeti hazájukban eközben talán kipusztulnak. Említettük pl. az észak-amerikai lovakat, amelyek a földtörténet során nem kevesebbszer, mint négyszer terjedtek át („vándoroltak be") a Bering-szoroson keletkezett szárazföldi hídon át az Óvilágba. Három ilyen hullámuk azonban egész európai-ázsiai-afrikai elterjedési területén kihalt, szinte még a következő hullám megérkezése előtt (amikor természetesen minden alkalommal a lovak törzsének más, a fejlődés magasabb fokára jutott képviselői törtek be ide), csak a negyedik tudta magát mindmáig fenntartani. De csak Eurázsiában és Afrikában (vadlovak, szamarak, zebrák); ugyanakkor Észak-Amerikában a jégkorszak végével kihaltak a lovak. Hírmondójuk sem maradt ott, ahol vagy 60 millió éven át virágoztak és alkották mindenkor az emlős-fauna gerincét, s a spanyol hódítók lovait már soha nem látott csodaszörnyekként rettegték Amerika őslakos indiánjai.

Az élővilág története szinte szakadatlan lánca az ehhez hasonló vagy még bonyolultabb terjeszkedési — kihalási folyamatoknak. Természetesen legjobban a legmagasabb fejlettségű virágos növények és a gerinces állatok (az utóbbiak közt is az emlősök) történeti életföldrajzát ismerjük — annyira, hogy már kísérletet is tehetünk ennek felvázolására. A vázlat természetesen nem lesz egyenletes; egyes helyeken és időkre igen részletes és szavahihető, másokra a szó szoros értelmében vett vázlat: néhány vonás a bonyolult történeti folyamatból.

De bárhogy is álljon e kérdések megismerése, *az egyes területek élővilágának történeti kialakulása* semmivel sem érdektelenebb, mint az egyes fajok-törzsek kialakulása őseikből. Ezért a következőkben ennek a folyamatnak, tehát az egyes gerinces állat-együttesek jellemző faunáinak történeti-földrajzi formálódását, alakulását, és a mai jellemző állat-együttesek kialakulásának történeti alapjait vázoljuk fel, mai ismereteink szerint, az első, igen bizonytalan nyomoktól a hozzánk legközelebb élt együttesek viszonylag igen jól ismert képéig.

Hódítóút az édesvizektől a tengerekig

A gerinces állatok fejlődését tárgyaló rész bevezetőjében említettük, hogy a gerincesek első megjelenését teljes homály fedi. Ez természetes is, ha meggondoljuk, hogy az első gerincesek végtelenül hosszú, százmilliónyi éven át csak lágyrészekből álló, mindennemű kövesedésre alkalmatlan vázelem nélküli állatok voltak. Éppen ezért a vázelemek, a páncélzat, esetleg a fogazat megjelenéséig alig remélhetünk ősgerinces-maradványokat.

Ezzel bizonyos mértékig ellentétben áll az az ismert tény, hogy a *Conodonta* nevű apró fogacskák millióit találták a Föld ókorának legkorábbi, kambriumi, ordoviciumi rétegeiben. Ha ezek lennének a legősibb gerincesek maradványai, akkor vagy ugyanígy meg kellenne találnunk ezek fogszerű pikkelyeit — mégpedig sokszorta nagyobb mennyiségben, mint a fogakat —, vagy pedig kétségbe kellene vonnunk a gerinces-fogazat pikkely-eredetét feltételező valamennyi elgondolást. Ezt azonban nem tehetjük, mert tények szólnak ellene. Tények, mint az ősi halak zománccal fedett pikkelyeinek a fogakéval teljesen azonos felépítése, vagy a mai cápák testét fedő, kis horgas fogakkal felfegyverzett pikkelyek és mások.

De mindezeken felül még egy érv szól a *Conodonták* gerinces-maradvány jellege ellen. Ez pedig az, hogy a *Conodonták* kivétel nélkül tengeri eredetű üledékekből kerültek ki. Ezzel szemben minden olyan maradvány, amelyet kétségkívül ősi gerincesekre vezethetünk vissza (csontpikkelyek, csontos vázdarabok stb.), ezideig minden alkalommal édesvízi üledékekből, vagy legalábbis olyan parti képződményekből jutott napvilágra, amelyeket valami folyó vagy patak hozhatott a tengerbe és a hullámverés teregethetett szét a parton.

Ilyen körülmények között mindaddig, amíg kétségtelen bizonyítékok alapján nem igazolható az ellenkezője, feltételezhetjük, hogy a gerincesek legelső képviselői édesvizekben éltek.

Ha azonban ez nem igazolódna be, akkor is (de ezt már tényként) le kell szögeznünk, hogy a legrégibb, maradványokból ismert ősgerincesek az édesvizekben éltek. Ilyeneket ismerünk Colorado-hegység ordoviciumi rétegeiből (tehát 450—480 millió évvel ezelőttről) folyóvízi eredetű, parti lerakódású üledékből. A felső szilurig nem ismerünk további ősgerinces-maradványokat — de nem tengeri üledékeket sem. A felső szilurban viszont több helyről mutattak ki kontinentális, édesvízi képződményeket, amelyekben rögtön megjelentek a gerinces-maradványok is, sőt viszonylag változatos és gazdag leletanyaggal. Ezek a 350—360 millió éves maradványok Észak-Anglia és Skócia szilur időszaki üledékes rétegeitől Skandinávián át a Spitzbergákig, vagy az Orosz tábla balti pereméig, — kis számban Észak-Amerikában is — fellelhetők voltak.

Abból, hogy más területekről, más földrészekről nem kerültek elő szilurkori ősgerincesek, semmire sem következtethetünk, mert szárazföldi-édesvízi szilur-képződményt sem ismerünk innen. Így nyugodtan felelhetjük, hogy ezek az édesvizekben (folyókban, állóvizekben) élt halszerű ősgerincesek — *Tremataspis, Lanarkia, Thelodus* és sok más — az akkori szárazföldeken általánosan el voltak terjedve. Arra a kérdésre egyelőre nem tudunk megnyugtató választ adni, hogy a fentiek mit bizonyítanak? Nem tudjuk, vajon a legelső vázas-páncélos ősgerincesek nagy elterjedése csak úgy képzelhető-e el, hogy a világtengerekben mindenütt elterjedt őseikből az édesvízi életmódhoz alkalmazkodva tudtak egymástól elszigetelt földrészeken is egyidőben megjelenni, tehát ezek az édesvízi ősalakok éppen nagy elterjedésükkel bizonyítják-e, hogy elődeik tengeri alakok voltak?

A felső szilur sokféle, félsós-vízi, folyótorkolati, tengerparti, esetleg édesvízi halszerű ősgerincséből mindenesetre arra következtethetünk, hogy az a közös gyökér, amelyből a devon és későbbi időszakok világtengereinek uralkodó gerinces-világa elindult, a kor szárazföldjein sarjadt ki. Ezt kétségtelenné teszi az a tény, hogy a szilur után ugyanazok a fejlődési csoportok, típusok élnek kétségtelenül a tengeri környezetben, amelyek a szilurban még ugyanilyen bizonyossággal a kontinensek édesvizeit népesítették be.

A devon a „halak kora", vagy legalábbis a halszerű ősgerinceseké. A devon elején még nagyjából a szilurbeli édesvízi típusok folytatódnak, jórészt a vízfenéken

mászkáló állkapocsnélküli ősi formák, bár egyes típusok már — alakjukból következtetve — nyíltvízi, szabadon úszó formák lehettek. Ezek kezdenek a középső és még inkább a felső devonban uralkodóvá válni, miközben a bezáró kőzet is kétségtelenné teszi ezek tengeri életterét. Területileg ezeket is nagyjából ugyanazokról a vidékekről ismerjük, mint a szilurkori alakokat, mert ezek a földtörténet legkiterjedtebb, ősmaradványokban leggazdagabb, és a későbbi hegységképző mozgásoktól leginkább megkímélt felszíni ó-paleozóos képződmények. Így azután ismét csak Anglia „*Old Red Sandstone*"-ja, a Baltikum, a Rajnavidék, valamint Grönland és Kanada devonja az a terület, ahonnan továbbra is a leggyakrabban kerülnek elő az ősgerincesek maradványai. Ez természetesen egyben azt is jelenti, hogy akkori tényleges elterjedésükről, az egyes csoportok esetleges hiányáról vagy másutt elszigetelődésükről egyelőre semmi adatunk nincs.

Ilyenformán inkább arra a körülményre kell figyelmünket fordítanunk, hogy az egyes csoportok az ismert területen egyenletesen oszlanak-e meg a devon egész folyamán, vagy sem. Ezt figyelve először is azt tapasztaljuk, hogy az *Agnatha*-típusok, az állkapocsnélküli ősi alakok szemlátomást ritkábbak a devon elejétől kezdve. Helyettük a páncélosok váltak uralkodókká, valamennyi fejlődési águkban itt érve el legnagyobb virágzásukat. Ezek közt is kiemelkednek az *Arthrodira* tagjai, a nyílt tengerek akkori urai, mozgékonyságban, védettségben és fegyverzetben, de méreteikben is — hiszen 5—6 méteres *Dinichthys*-óriások éltek a devon-tengerekben, az addigi fejlődés mindenképpen leghatalmasabb állatai. Mellettük csak első, ritka kezdő-alakjaikban mutatkoznak a későbbi korok uralkodó tengeri gerincesei, a cápák-ráják első ősi alakjai, vagy a magasabbrendű vízi gerincesekhez, sőt a halakhoz is vezető fő ágak. Csak a tüdőshalak és a bojtosúszósok *(Dipnoi* és *Crossopterygii)* élték ugyanekkor első — és legnagyobb — virágzásukat.

A devon végével nagy „őrségváltás" zajlik a tengerekben.

Először is az állkapocs nélküliek *(Agnathi)* nyomtalanul eltűnnek, kihalnak. A ma élő körszájúak két csoportjának eredete és leszármazási kapcsolata az *Agnathi*-val ködös, sőt valószínűtlen.

De nemcsak az *Agnathi* valamennyi ága hal ki a devon végén. Ugyanez a sors vár a devon-tengerek uraira, valamennyi „páncéloshalra" is. Egyedül az *Acanthodira* ág éli túl a többit és jut el (igen leapadt fajszámmal) a perm közepéig, ahol ezután végképp eltűnik.

A devon végével pedig a porcosok *(Chondrichthyes)*, a cápák-ráják-kimérák első, ősi hulláma veszi át az uralmat a vizekben, megosztva azt a valódi halak első hullámával (porcoshalak, *Chondrostei*). Mellettük a tüdőshalak és bojtosúszósok természetesen csak statisztaszerepet játszanak. Mindenesetre ez a karbon-perm tartamára kiterjedő, tehát 220 és 300 millió év közti 80 millió évet kitöltő hullám nem tudott olyan hatalmas alakokat kitermelni, mint a *Dinichthys*ek, bár ennek ellenére még az időszak végéig a tengerek urai, és továbbra is uralkodó tömegei voltak a porcosok.

A perm végén, a triász elején indul el a porcosok (cápák-ráják-kimérák) és a valódi csontos halak *(Osteichthyes)* egymás közt megosztott uralma, amelyben azonban alak-változatosságban, az élettér sokoldalú kihasználásában a csontoshalak vitathatatlan fölényben voltak kezdettől fogva, és még sokkal inkább abba jutottak az idők folyamán. A porcosok a nyílt tengerek, óceánok korlátlan urai maradtak, de a világtengerek és az édesvizek minden zugában a csontoshalak őrizték meg uralmukat.

A kőszén-mocsarak benépesülnek

Csend ülte meg a Földet a földtörténeti ókor legnagyobb részében. A szilur végéig nem ismerünk olyan szárazföldi élőlényt, amely bármilyen hangot adhatott volna. De még azután is sokáig, egészen a permig nem voltak olyan magas fejlettségű alakok, amelyekről feltételezhető, hogy hangadásra képesek voltak.

Ez jut eszünkbe, amikor arra gondolunk, hogy a legelső száras növények a szilur végén kezdik fejüket a mocsár vizéből kiemelni a levegőre, és a devon végén indul el a gerincesek fejlődésének az az útja, amelynek eredményeképpen a devon végi — karbonkori mocsarak világából mind gyakrabban mászott ki a szabad levegőre a farkos kétéltűek *(Urodelidia)*, vagy a kétéltűek *(Amphibia)* valamelyik tagja. Ez önmagában is fontos állomása az élet térhódításának. Van azonban még egy másik fontossága is.

A kopoltyúval lélegző hal addig élhet a vízben, amíg az megfelelő oxigénmennyiséget tud biztosítani a lélegzésre. Ha ez bármilyen okból megszűnik, akkor a hal elpusztul, megfullad, bármilyen előnyösek lennének egyébként számára a vízi életfeltételek. Ilyen veszély nem leselkedik a tüdővel (vagy tüdővel is) lélegző gerincesre. Sőt a kiszáradó mocsarak élővilágát vizsgálva a gerinctelenek esetében is azt tapasztalhatjuk, hogy először a kopoltyús csigák pusztulnak ki, majd amikor a víz teljes kiszáradása már az állatokat fenyegeti, akkor kerül sor a tüdőscsigákra. Ezek — oxigént úgyszólván egyáltalában nem tartalmazó vízben is megélnek, tehát ott, ahol a halak már megfulladnak.

Ezért lehetséges az, hogy a primitív kétéltűek a szárazföld apró pocsolyáiban is megéljenek, ha máskülönben táplálékuk van. Ez a magyarázata, miért éltek a kétéltűek oly tömegben a karbon időszaki szárazföldek édesvizeiben, kőszén-mocsaraiban, ahol éppen az oxigénellátás hiányossága miatt a halak alig élhettek meg.

Erre bárki mondhatja, hogy a kétéltűek felneveléséhez éppúgy oxigéndús levegő kell, mint a halak életbenmaradásához. Ez igaz, de azt sem szabad elfelejtenünk, hogy a halak állandóan igénylik az oxigénellátást, míg a kétéltűek lárvái csak teljes felnövekedésükig, ami rendszerint egybeesik a nedves időszakkal, illetve azelőtt zárul le, mielőtt a száraz időszak eliszaposítaná a vizeket és légzésre alkalmatlanná tenné azt számukra.

Elmondhatjuk tehát, hogy a vízi környezet a kétéltűek számára eleinte sokkal inkább a bőr kiszáradása ellen védő közeg volt, mintsem egyebekben is tökéletes élettér.

Bármennyi típusát ismerjük eddig a legősibb kétéltű-élet megnyilvánulásának, mégis túl keveset ahhoz, hogy az egyes típusok jellemző lakóterületét elhatárolhassuk, bizonyos csoportok elterjedési területét másokéval szembeállíthassuk. Éppen ezért nem vonhatunk le semmiféle következtetést egyes állatcsoportok származási területére, más területekre való átterjedésére, vagy bizonyos területekről való viszszahúzódására vonatkozólag. Ennek természetesen még egy oka van. Nem ismerjük eléggé az egykori földrészek határait, sőt egyes földrész-darabok földrészekké egyesülését sem.

Vízben, szárazon és levegőben

A perm volt a földtörténet első időszaka, amelyből a gyűjtés számára hozzáférhető helyen összefüggő, nagy szárazföldi területek fenn is maradtak. Értjük ez alatt a mai szárazföld felszínét. Ez elsősorban Dél-Afrika északi részében, az ún. Karrú sivatagban és a Szovjetunióban, az Uralon innen, a cári uralom Perm kormányzóságában

figyelhető meg. Ennek köszönhető, hogy e két területnek végtelenül gazdag ősmaradvány-együttesein keresztül viszonylag igen világos képünk van az akkori szárazföldek gerinces-faunáinak életéről. A folytatás azonban már nem ilyen kedvező. A Föld középkorának triász-jura-kréta korszakai, tehát mintegy 150 millió éves időtartam alatt az igen változatos és hellyel-közzel igen gazdag lelet-anyag és a szinte áttekinthetetlen lelőhely tömege ellenére sem nyújtanak megfelelő képet a mezozóos hüllőfaunák elterjedési viszonyáról, vándorlásáról, terjeszkedéséről. Általában valamenynyi úgy-ahogy ismert rend vagy család szinte minden földrészről előkerült. Nincsen a kisebb-nagyobb területeknek olyan jellemző sajátos, endemikus csoportja, mint pl. az emlősök vagy akár a madarak esetében. Ha a ma élő hüllőkön igyekszünk ezt a furcsa jelenséget ellenőrizni, azt kell tapasztalnunk, hogy egyes nagyobb rendszertani csoportjuk sokkal kozmopolitább, mint az emlősöké. Ennek a jelenségnek az okát egyelőre nem tudjuk kellőképpen megmagyarázni. Részben az illető csoportok nagyobb elterjedési területével, részben a mezozóos földrészek más, a kozmopolita elterjedésre alkalmasabb megoszlásával, szorosabb kapcsolatával némi összefüggésben kell lennie.

Ez a nehézség a magyarázata különben annak az eljárásunknak, hogy csak a szárazföld minden tájféleségét meghódító hüllő-típusok elterjedésének általános vonásait emeljük ki, annak konkrét földrajzi fejlődéstörténeti menetét azonban egyelőre érintetlenül hagyjuk.

Ezt tartva szem előtt, röviden emlékeztetünk az egyes csoportok hódító útjaira, amelyekkel az élettér úgyszólván minden fajtáját, minden adottságát kihasználva népesítették be a Földet, visszaszorítva a kétéltűeket a szárazföld nedvesebb-mocsarasabb területein is, kérdésessé téve a halak és cápák uralmát a tengeren, és meghódítva a levegőt, ahová két — származásában különálló — rohamcsapatot, a repülősárkányokat *(Pterosauria)* és madarakat *(Aves)* is „küldtek".

Ugyanekkor a szárazföldön az apró, gyíkforma rovarevőktől a hatalmas, kétlábon járó ragadozókig, kengurú alakú, vagy a földtörténet legnagyobb szárazföldi állataiként nehézkesen cammogó, 30 m-t elérő óriási növényevőkig, valamint az emlősállatokra emlékeztető állattípusokig az életmódhoz, az életkörülményekhez való alkalmazkodás minden elképzelhető (egyben minden elképzelést meghazudtoló) formaváltozatosságát megvalósították. A hüllők kihalt képviselőinek alakgazdagsága mellett elszürkül a fantázia legvadabb játéka is.

De nemcsak a szárazföldi élet és a levegőbe emelkedés területét töltötték ki a hüllők a permtől a kréta végéig terjedő uralmuk alatt. Az *Ichthyosaurus*ok, a *Plesiosaurus*ok, a *Placodontius*ok, a *Mosasaurus*ok, a tengeri krokodilusok, a teknősök és más hüllők révén a tengeri életmódra is visszaalakult néhány olyan csoport, amelyek közül pl. az *Ichthyosaurusok* nyilván minden vonatkozásban fölényben voltak koruk legfejlettebb halaival szemben is.

A kréta időszak végével valamennyien kipusztultak, kivéve a belőlük kisarjadt madarakat, néhány viszonylag kezdetleges fokon vesztegelő mellékvonalat (teknősök, gyíkok, kígyók, krokodilusok, hidasgyíkok), és a szintén belőlük kiszakadt, ekkor még igen jelentéktelen emlősöket.

A láthatatlan rohamcsapat

A földtörténeti középkor, a mezozoikum elején, a triász folyamán, a hüllők „világuralmának" kezdetén ott voltak már az 5—10 m-es, még később a 30 m-t is elérő hatalmas óriáshüllők mellett az emlősök egér nagyságú ősei. Ki gondolná, látva a két társaság nevetséges ellentétét: az egér nagyságú ősemlőst és a hegy nagyságú óriás szauruszt, hogy hirtelen eltűnik az egész óriáshüllő-világ, és mellőle óriásként nő ki az „Élet új ura", a kis „egérke" milliónyi utóda, s 70—80 millió évre átveszi a hatalmat a hegyek és síkok, nádasok és folyók, tengerek és felhők fölött.

Ezt a kis, észrevétlen társaságot, „láthatatlan rohamcsapatot" — akárcsak valamennyi ókori-középkori állategyüttest — igen nagy területről ismerjük. Az *Allotheria* törzs már a triász végi képződményekből Dél-Afrikából, Dél-Kínából és Nyugat-Európából került elő, tehát Amerika kivételével úgyszólván valamennyi földrészről. A felső jura időszaki rétegekből már Észak-Amerikából is ismerjük őket. Ettől az időtől kezdve azután az egész hátralevő mezozoikumon át, a harmadkor legelején az alsó eocénig ott is maradnak Európában és Észak-Amerikában, amikor is — úgy látszik — végleg kihal ez az oldaláguk.

Alig ismerjük az igen apró termetű, csak fogak révén jellemzett legősibb emlősszabású állatcsoportok, a *Triconodonta*, a *Symmetrodonta*, a *Docodonta* és a *Pantotheria* rendek területi megoszlását. Leleteikre részben szerencsés véletlenek vezettek, s csak kis részük került elő tervszerű, korszerű gyűjtőmunka eredményeképpen. Ilyen gyűjtés azonban csak igen kevés helyen történt, úgyhogy fenti törzsek európai-északamerikai előfordulása korántsem jelenti hiányukat más területeken és földrészeken.

Dél-Amerikából, de még inkább Ausztráliából, a pleisztocént megelőző korokból úgyszólván semminemű adatunk nincsen a szárazföldi élet kialakulásáról és későbbi földtörténeti menetéről. Márpedig ez éppen a két nagy déli kontinens területén kétszeresen fontos kérdés. Hiszen az emlősvilág kétséget kizáróan legősibb szabású két fejlődési törzse, a csőrös emlősök *(Monotremata)* és az erszényesek *(Marsupialia)* Ausztráliából, illetve Dél-Amerikából ismeretesek, tehát éppen a legősibb emlőstípusaink kérdésében joggal e két földrésztől várhatjuk a választ.

Új világ küszöbén

Megszoktuk az emberiség történetéből, hogy a nagy korhatárokat nem is annyira apokaliptikus katasztrófák, mint inkább eredményeikben óriási jelentőségű, de a maguk idejében figyelemre sem méltatott kis változások jellemzik, amelyek hatásaikban jelentenek választóvonalat az események hullámzásában.

Ebben a tekintetben a földtörténeti kréta-paleocén időszak határa, vagyis a középkor és újkor mezsgyéje nem hasonlít az emberiség történetének határaihoz. Nem a régi lassú, csendes elhalása és az új észrevétlen belopakodása jelzi ezt a határt. Katasztrófák sora húzott mély barázdát a Föld középkora és újkora közé.

S nem is a kontinensek és tengerek megoszlásában, hatalmas tengermedencék kiemelkedésében, tengerfenekek százmillió évet meghaladó idők óta képződő kilométer-vastag mészkő-tömegének alpi magasságokba emelkedő láncaiban, vagy az ősi szárazföldekből keletkezett nagy tengerelöntések megjelenésében látjuk legfeltűnőbben ezt a katasztrófát. Sokkal beszédesebben mutatja ezt az élővilág — tengerben és szárazföldön egyaránt.

Ahol a krétakori tenger hullámait toronymagasba korbácsolta a tengeri hüllőször-

nyek egy-egy farkcsapása, hogy tőrhegyes fogsoraikat villámgyorsan áldozatukra mélyesztve újra eltűnjenek a morajló habokban, vagy az *Ammonites*ek milliói nyüzsögtek a világtengerek minden részében, ott szinte egy csapásra eltűnt az utolsó tengeri szaurusz is, a tengerfenék kővé merevedő mésziszapjába temetkeztek az utolsó *Ammonites*ek ...

A tengeri szauruszokat, *Ammonites*eket a kréta vízi életterének egész sereg virágzó állat-csoportja követte. Osztozott sorsukban a gerinctelenek legtöbb törzsének egyik-másik csoportja is. Szinte kivétel nélkül a legfejlettebb, legelterjedtebb csoportok.

És mialatt a világtengerekben folyt a természet nagy „őrségváltása", — a szárazföldeken, legalábbis hatásaiban, ennél is nagyobb méretű változások zajlottak.

A kulisszák készen várták az eseményeket. A növényzet nagy vonásaiban a felső krétában már mindenütt a harmadkor uralkodó vegetáció-képét mutatta, ha nem is olyan faj- és övezeti megoszlásban.

A színpad azonban, úgy tűnik, kiürült.

Hiába várjuk a 30 métert is meghaladó méretű lomha növényevő és 8—10 méteres ragadozó dinoszauruszokat. Nem bukkannak elő a mocsarak sűrűjéből, a fák árnyékából. Harminc tonnás testsúlyúk többé nem remegteti meg a földet, elszórt csontjaikon pedig a diadalmas jövő „egérkéi" rágcsálnak.

A hasonlat az egérkékkel nem túlzott, csak nem szabatos.

A földtörténet szárazföldjeinek óriásai szinte egy csapásra eltűntek a kréta végén, helyüket pedig a középkor végének egér — patkány méretű kis rovarevőhadából kibontakozó számtalan ősi emlősállat-csoport vette át. A kép azonban körülbelül úgy festhetett, mintha az arénában a levonuló elefántok helyébe egérhadat terelnének a rendezők az új számban.

A régi nagyságból pedig ebbe a képbe csak elvétve lép bele a kréta végi nagy szaurusz-halált átvészelt néhány hüllőféle, mint a krokodilusok, a teknősök, vagy a gyíkok-kígyók továbbélő alakjai. Mellettük természetesen nem hiányoznak a kétéltűek ősi csoportjának azok a képviselői sem, amelyek ugyanúgy maradtak meg a gazdag kétéltű-fauna roncsaként a felvirágzó hüllőfejlődés kísérőinek a földtörténet középkorában, mint az emlősök mellett a szegényes krokodilus-gyík-teknős-fauna a hüllők kréta végi pusztulása után.

Az egész, mozgalmasnak aligha mondható képet egyedül a madarak élénkítik. Tudjuk, hogy a madarak fő rendjei a kréta folyamán (amennyire ezt az igen szegényes lelet-anyagból meg tudjuk állapítani) nagyjából már kialakultak. Így a harmadkor hajnalán elég formagazdag madárvilág népesítette be a szárazföldeket és a környező vizeket. Amit pedig semmiképpen sem szabad elfelejtenünk: itt nem a hajdan nagy virágzáson átment állatcsoport néhány degenerált maradékával találkozunk, hanem egy életerős új ág sokrétű fejlődésének tarkaságával.

Ezt a teljesen megújhodott szárazföldi élővilágot vesszük most közelebbről szemügyre és kísérjük el kibontakozó, majd végül lehanyatló fejlődésében.

A földtörténet újkorának legidősebb, paleocén-képződményeit viszonylag igen kevés helyről ismerjük. Ennek legfőbb oka egyszerűen abban keresendő, hogy — a meginduló óharmadkori üledékképződés legalsó tagjai lévén — rendszerint a fiatalabb képződmények alá temetve ott sem figyelhetők meg, ahol különben már ebben a korai időszakban indult el ez a sorozat.

A középkorra, illetve a krétára jellemző *Holostei*-csoportbeli és más ősibb jellegű halak eltűnésével párhuzamosan néhány továbbélő *(perzisztens)* kis csoportot, mint a kecsegefélék, *Amia*-félék és mások gyér maradványait felszínre hozó tengeri paleocén-képződményeket itt nem is említve — néhány fontosabb szárazföldi paleocén ere-

detű üledékkel fedett területet sorolunk itt fel. Ezek közt legfontosabb az Egyesült Államok déli részén, az Új-Mexikóban elterülő Puerco-, Torrejon- és Tiffany-formációkban az egész paleocént feltáró nagy kiterjedésű és gerinces-maradványokban viszonylag gazdag terület. Mellette csak a francia—belga Cernay-előfordulások és az angol Thaneti homokok, a patagóniai Rio Chico-rétegek, s az újabb feltárások révén fokozatosan kibontakozó mongóliai Gashato-formáció felső paleocéni ősmaradványai jönnek itt tekintetbe.

Ezek alapján módunkban áll a harmadkor legkorábbi időszakainak szárazföldi gerinces világát rekonstruálni.

A halak közül néhány maradvány a mai napig fennmaradt ősi haltípusokat képviseli. A középkor gazdag hüllővilágát kevés krokodilus és gyíkféle, valamint teknős szegényes együttese váltja le.

A szárazföldi fauna-kép középpontját azonban az emlősök jelentik, amennyire ezek a kréta gazdag szaurusz-világa után egyáltalában figyelmet érdemelnek.

De ez az emlős-fauna is igen messze áll attól, amit e fogalomkörhöz fűzünk. A paleocén legmélyebb, kezdeti rétegeiben *Multituberculaták*, erszényesek, rovarevők, őspatások, *Taeniodonta* és foghíjasok maradványai bukkannak fel. A főemlősöket az óharmadkori rétegekben képviselő félmajmoknak, rágcsálóknak, páros- és páratlanujjú patásoknak, foghíjasoknak még nyoma sincsen, — hogy a többi emlős-csoportról ne is beszéljünk.

De ez a szegényes ősi emlős-együttes is igen különösen fest, ha mai szemmel nézzük.

Egy mai értelemben vett, kiegyensúlyozott emlős-fauna összetételében, legyen az bármely kontinensen (csak éppen ne hideg égöv alatt), óriás-, nagy — és középtermetű patások, közép- és főleg kisméretű rágcsálók, illetve zömmel apró rovarevők tarkítják az alapréteget. Ehhez csatlakozik a nagy-, közép- és elvétve kistermetű ragadozók, zömben középtermetű majmok számban sokkal kisebb tömege, végül néhány — faj- és egyedszámban jelentéktelen — további emlősállat rend. Ettől a megoszlástól komoly eltérést csak Dél-Amerika és még inkább Ausztrália ilyen vonatkozásban alapvetően eltérő fauna-területe mutat (Dél-Amerika emlős-faunája foghíjas-, sajátos őspatás-, helyi rágcsáló- és erszényes-együttes, míg Ausztráliáé erszényes-együttes).

Amit a paleocén kezdetén a Puerco-faunában látunk, az mindezektől legalább annyira eltér, mint Ausztráliának a kréta végi elzárkózása óta szinte napjainkig önállóan fejlődött állatvilága és a kelet-afrikai antilopos-zebrás füves puszták élővilága.

De nézzük meg közelebbről ezt a paleocén-kezdeti faunát. A fauna talán legváltozatosabb elemét, mint már fentebb említettük, a *Multituberculaták* adják. Ezt a valódi emlősállatoktól elváló, önállóan kialakult ősi „emlős"-rendet számos egér, patkány nagyságú alak mellett egyetlen hód nagyságú alak is képviseli. Mindezek az állatok koponyaalkotásban, fogazatuk komplikáltságában megdöbbentő fokú másai annak a specializálódási típusnak, amelyet a valódi rágcsálókban jól ismerünk. Egész felépítésükből arra következtethetünk, hogy életmódjukban sem térnek el a későbbi rágcsálók rovarevő-magevő-fűevő életmódjától. Egyben azonban még itt is alapvetően eltértek ezektől: többségük csontozata, méreteikhez képest medve-szerű nehézkes teste, talponjáró végtagjai figyelmeztetnek arra, hogy ezek bizony nehézkes, lassan cammogó állatkák voltak, — ebben rendkívül messze estek az örökmozgó, kecses, fürge rágcsálóktól.

A másik nagyobb csoport ebben az állattársaságban az erszényesekhez tartozik. Távolról sem olyan változatos ez a rovarevő életmódú társaság, mint a kihalás előtti virágzását élő *Multituberculaták*, bár a konzervatív állatrend kréta végi — paleo-

cén időszaki specializációjának végalakjaiként ezek is hamarosan kihalnak. Az eocén-oligocénbeli erszényesek már a mai amerikai erszényesek (oposszum) legközelebbi rokonságába tartozó — szervezetében minden tekintetben ősibb jellegeket mutató, tehát konzervatív — alakok mind Észak-Amerikában, mind pedig Európában.

A méhlepényesek alosztályába tartozó többi emlősrend sok tulajdonságában egyezik az előbb tárgyaltakkal, legjellemzőbb vonásuk azonban feltűnő hasonlóságuk, aminek a természetbúvár számára az a kellemetlen következménye, hogy az egyes rendek jóformán nem különböztethetők meg egymástól.

Akkor miért igyekszünk őket mégis megkülönböztetni? — kérdezheti az olvasó. A válasz egyszerű: mert későbbi fejlődésük folyamán igen elkülönülnek egymástól. Itt azonban, a gyökerek közelében még alig lehet őket szétválasztani. Ez természetes folyománya és egyben megnyugtató bizonyítéka is a rendszer fokozatosan kialakuló természetességének. Ha semmiféle rokonságban nem állnának azok az állatcsoportok, amelyeket a rendszerben egymás közelébe helyezünk, akkor bizony nem érné a kutatót az a kellemetlenség, hogy kései utódaikban roppant távol álló csoportok korai képviselői szinte szétválaszthatatlanok egymástól.

Nos, szerencsénkre — vagy ha úgy tetszik: szerencsétlenségünkre — ezek a korai, paleocéni emlősök, rovarevők, ragadozók, őspatások, foghíjasok, és a felső paleocénben már a félmajmok is annyira hasonlítanak egymáshoz, hogy bizony a specialisták is gyakran hajbakapnak egyik-másik alakon, hogy ez vajon rovarevő, ragadozó, avagy őspatás, illetve rovarevő vagy félmajom maradványa-e? A későbbi jellegeiket előrevetítő specializálódás még leghamarabb egyes őspatás-csoportok képviselőin vehető észre. Ezek az akkori fauna óriásai — de méretükkel a disznóét csak megközelítik; valamennyi kortársukat felülmúlják nehézkességükkel. Ha anatómiai jellegeikben, csontozatuk sajátságai igen távoliak is, — külső megjelenésükben sokban emlékeztethettek a mai fauna cammogó medvéire.

Ez a mai elképzeléseinktől oly messze álló fauna-együttes egész ma ismert előfordulási területén feltűnően egységes képet mutat, ami különösen Dél-Amerika vonatkozásában feltűnő. Tudjuk, hogy ez a kontinens igen hamar leszakadt arról az egységes sorról, amely Észak-Amerikán át Ázsiával és Európával összefüggött. A kapcsolat csak hosszú időközökben állt vissza, amikor a közben teljesen önállóan fejlődött helyi fauna néhány új elemmel gazdagodott. Ezek a legtöbbször számos addig tenyészett helyi alak kipusztulását is okozták, míg az új jövevények végül beleilleszkedtek az új keretekbe, s a fauna tovább élte újra elszigetelt életét — a legközelebbi összeköttetés létrejöttéig.

A paleocén felső része egy ilyen összeköttetés időszaka. Ezen az óriási területen a számos közös alak — és még inkább a teljesen helyi típusok hiánya — mindenesetre hosszabb idő óta tartó, kicserélődésre bő alkalmat adó, egységes fauna-területre utal.

Végül még azt kell megjegyeznünk, hogy a paleocén végéig egyetlen olyan emlős család megjelenéséről sem tudunk, amelynek utódai máig fennmaradtak volna. Minden tagjában idegen, kihalt együttes élt ekkor — mai ismereteink szerint.

A mai kép közeledik

Egy kis túlzással elmondhatjuk, hogy a földtörténetben törmelékes kőzetek (kavics-homok-agyag) és mészkőképződmények korszakai váltogatják egymást, különösen a Föld újkorában. Ebben a váltakozásban a paleocén a maga durvább-finomabb

tengerparti üledékeivel, szárazföldi hordalékaival éles ellentétben áll a rá következő eocén uralkodóan mészkő-képződményeivel, s ezt helyenként felváltó tengerperemi kőszén-képződményeivel. Ezek mellett csak másodsorban jönnek számításba a kimondottan szárazföldi felgyülemlések, mint a francia foszforitok és mások.

Az eocén-képződmények szerepe a szárazföldi élet — és ezen keresztül a gerincesek kibontakozásának szemléltetése — szempontjából gyakorlati okokból sokkal nagyobb, mint a paleocén-üledéksoré. Ennek igen egyszerű a magyarázata. Az eocén-képződmények ugyanis hatalmas felületeket borítottak el a mezozoikus és régibb sekély tengerfenekeken, hogy az eocén végén mindenestől kiemelkedve későbbi szárazföldekként, fiatalabb képződményektől el nem borítva szolgáltassanak a geológus és paleontológus számára kiadós ősmaradvány-lelőhelyeket. Ezek a leletek ugyan túlnyomórészt az akkori tengerek életének megismeréséhez nyújtottak gazdag ismeretanyagot, a peremterületek eocén időszaki szárazföldje és időnként tengerrel elöntött partközeli kőszénmocsarai azonban a szárazföldi élet gazdag múzeuma. E korszak gerinces-világát aránytalanul jobban ismerjük, mint a megelőző paleocénét.

Ennek a különleges földtani helyzetnek köszönhetjük, hogy Európából a franciaországi Epernay környékéről és Quercy foszforitjaiból, az angol Hampshire medencéből, a németországi Messelről és Geiseltalból, vagy a svájci Egerkingenről az akkor élt szárazföldi gerincesek — elsősorban emlősök és madarak — páratlan gazdagságát ismerhettük meg. Egy olyan világot, amelyhez fogható változatosságú élet ma csak a tobzódóan gazdag trópusokon képzelhető el.

A Kárpátok övezte terület ősgerinces világa nem közelíti meg gazdagságban a felsorolt leleteket, de első nyomaival mégis életjelt ad magáról. Ezek a leletek az említett állat-csoportok legősibb eddig ismert képviselőiként jelentőségben a gazdag nyugati leletek jó egynéhányát felülmúlják.

A többi kontinensen, akárcsak Európában, gazdag eocénkori szárazföldi őséletnyomokat fedeztek fel. Első helyen áll ebben a tekintetben Észak-Amerika, ahol Wyoming és Utah államokból a folytonos üledéksorban feltárt teljes eocén eredetű réteg egymásután szinte filmszerű mozgalmassággal tárja elénk a kor szárazföldi gerinces-életének változatosságát, kialakulását és elmúlását. Észak-Amerika mellett folyton emelkedik a jelentősége Mongólia eocén időszaki gerinces-lelőhelyeinek (Sara-Murun, Irdin-Manha és Kolobolcsi formációk), nem is említve Afrika (Egyiptomban Fayum) szerepét. Mindezek mellett nem hanyagolható el Dél-Amerikában Patagónia — *Darwin* óta közismert — ősmaradvány gazdagsága, ahol a Casamayorense eocénbeli gerincesvilága színpompás képben tárja elénk egy nagyjából elszigetelt világ önállóan kibontakozó őséletét.

De milyen volt ez az eocéni állatvilág? Hasonlított-e még a paleocén teljesen idegenszerűen ható állat-együtteseinek világához, vagy már feltünedeznek benne a ma életének megszokott típusai is?

A válasz mindkét kérdésre: igen is és nem is.

Eddigi ismereteink alapján három nagy fauna-terület bontakozik ki az eocén időszaki szárazföldi élet megoszlásában. Az első — és legnagyobb — az európai — észak-ázsiai — észak-amerikai; a második az afrikai; a harmadik pedig a már említett dél-amerikai.

Az európai-amerikai életteret két vonás jellemzi az eocén folyamán: a paleocén alakok fokozatos eltűnése, egy sereg új típus megjelenése — ezek közül nem egy hirtelen jelent meg, rögtön tömegesen, ami jó korjelző határköveket adott a földtörténész számára.

A kihaló alakok közt első helyen a *Multituberculatá*kat kell említeni. Utolsó képviselőik az alsó eocénben alakulnak ki, fiatalabb rétegekből nem ismerjük ezeket a

paleocén környezetben is már archaikusan ható mezozoikus „maradvány-állatokat".

A *Multituberculaták* sorsára jut az eocén folyamán egyik-másik igen ősi *Condylarthra*-őspatás is. A többség azonban még teljes virágjában van az eocénben. Sőt jó részük Európa és Amerika közt közös nemzetségekkel jelentkezik. Egy alak pedig Észak-Amerika és Dél-Amerika közeli kapcsolatára emlékeztet.

Ugyancsak teljes virágzásban találjuk a paleocénből átjött ősi félmajom-családokat, de ez vonatkozik a rágcsálók nagy részére is. Az utóbbiak Európa és Észak-Amerika vonatkozásában már félreismerhetetlenül specializálódtak.

Változatosabb sorsa volt az eocénben a ragadozók népes táborának. Legősibb jellegű, a patásoktól nehezen megkülönböztethető típusaik még az eocén elején nyomtalanul eltűntek. Helyükbe az igazi húsevő *Creodonta* ragadozók léptek, s ezek fogazata mindjárt sokoldalú specializáció jeleivel vált ki. Csoportjaik közt első ízben jelentek meg a kutyafélék őseihez közeli kis ragadozók, a mai ragadozók ősei *(Miacidae)*. Az eocén vége felé pedig a *Creodonták* közt élt Mongóliában minden idők leghatalmasabb szárazföldi ragadozó emlősállata, az *Andrewsarchus*, amelynek fejhossza meghaladta az egy métert.

Ebben az időben a patások közt is felbukkannak az ősi, nehézkes típusok mellett a későbbi patásokat képviselő új csoportok, a páratlanujjúak és párosujjúak első képviselői. Az előbbiek rögtön uralkodó számban, az utóbbiak azonban egyelőre elvétve, ritkán felbukkanó kísérőkként. Mindkét csoport hirtelen jelenik meg mind Európa, mind Észak-Amerika alsó eocén-rétegeiben. Ez a tény mindenesetre azt a gyanút ébreszti, hogy mindkét ág valahol Belső-Ázsiában alakulhatott ki, ahonnan már kiegyénült, tehát specializálódott formában terjedtek át Európa és Észak-Amerika fauna-területeire. Ebben a kérdésben még további kutatásokra van szükség.

És itt kapcsolódik be ismereteinkbe a Kárpát-medence két világhírű lelete. Az egyik az andrásházai (Kolozs m.) *Brachydiastematherium transilvanicum*, amelyet *Böckh* János, az Állami Földtani Intézet akkori igazgatója és *Pávay* Elek, az amerikai emigrációból hazatért 48-as honvédtiszt írtak le 1876-ban. A másik a *Prohyracodon orientalis*. Ezt *Koch* Antal, ugyanabban az időben a kolozsvári egyetemen a földtan és őslénytan tanára írta le. Az első lelet közeli rokonait annakidején csak Észak-Amerikából ismerték. Ezek voltak a *Titanotheriumok* családjának a tagjai. A 20-as évektől Kelet-Ázsiából is ismerjük őket. Az erdélyi *Brachydiastematherium* Európában teljesen váratlanul bukkant fel, a *Prohyracodon* pedig az eddig ismert legősibb valódi orrszarvúféle lelete.

Mindkét leletet több alkalommal újravizsgálták. A *Prohyracodon* kérdésének tisztázására Amerikából is átjöttek kutatók tanulmányútra Kolozsvárra és Budapestre. Megállapításuk egybehangzóan az volt, hogy mind a *Brachydiastematherium*, mind pedig a *Prohyracodon* lelőhelyükön és földtörténeti korukban „idegen" elemek, nem illenek oda, és mindkettő — fejlettségi foka alapján — jól beleilleszkedik az észak-amerikai alsó oligocénbeli alakok láncolatába. De az eocénbe semmiképpen, legkevésbé pedig a középső eocénbe.

Azon nehéz volna vitatkozni, hogy ezeknek az állatoknak a szakemberek szerint „nem illett volna" Európában (jelen esetben éppenséggel Erdélyben) élniük. Ezek tények, amlyeket el kell fogadni. Ezzel szemben igenis vitatható, hogyan került az eocén időszakban Európába két olyan állatfaj, amely eléggé jól ismert fejlődési láncolat tagjaként az alsó oligocénbe tartozik.

Itt csak egy megoldás lehetséges, mégpedig az, hogy Európa és Amerika közt újra „egyeztetni kell a földtörténeti kor-órákat". Ugyanis amit Európában középső eocénnek nevezünk, az Észak-Amerikában az alsó oligocénnel azonos.

Hogy lehetséges ez?

Igen egyszerűen. Az európai korbeosztás alapját tengeri képződményekben élt csigák, kagylók, egysejtűek váltakozó faunáinak egymásutánjából építették fel. Ugyanakkor Észak-Amerika középső részeiben az egész földtörténeti újkort magába foglaló, hatalmas szárazföldi képződménysorozat adja a helyi földtörténeti korbeosztás és tagolás alapját. A két egymástól teljesen idegen korbeosztás idő-azonosítása igen nehéz. Csak akkor és ott van erre lehetőségünk, amikor a két kontinens szárazföldi élővilágának egy jól ismert (és a helyi korbeosztásban pontosan elhelyezett) csoportja hirtelen bukkan fel a másik kontinensen. Ezt a felbukkanást az eddigi megbízható ellenőrző adatok szerint — a földtani mértékkel — egyidejűnek vehetjük mindkét helyen, vagy egyik-másik tengeri képződményt (jellegzetes élővilágával) lépésről lépésre követhetünk egyik kontinenstől a másikig.

Nos, az első eset ritka, a második pedig Európa és Észak-Amerika vonatkozásában nem áll fenn, miután a két kontinens partvidéki élővilágát az Atlanti-óceán mélytengeri gátja választja el. Márpedig csak partközeli és sekélyebb tengeri képződményeket tudunk itt összehasonlítani. Így tehát a közbeiktatott mélytengeri árok miatt nincs közös sekélytengeri élőviláguk.

Egyelőre tisztázatlan, vajon valóban éltek-e már Európában az eocén közepén orrszarvúak, vagy csak az alsó oligocénben vándoroltak be Észak-Amerika felől, ill. Belső-Ázsiából kontinensünkre.

Nemcsak a ragadozók és patások jelentek meg új típusokkal az eocén folyamán. Teljesen új elem az eocén faunájában a denevérek rendje is. Magasfokú specializációjuk, a mai emlős-fauna többi rendjeitől alapvetően eltérő felépítésük, (pl. szárnyakká alakult mellső végtagjuk) arra engedne következtetni, hogy az egész földtörténeti újkort igénybe vevő, hosszú fejlődés után végre napjainkban érték el ismert magas szervezettségi fokukat. Nos, ha ezt tételezzük fel, alaposan tévedünk!

A denevérek gyakorlatilag legelső ismert alakjaikban már mai értelemben vett denevérek, s az azóta eltelt legalább 50 millió év alatt már csak jelentéktelen változásokon mentek át, jeléül annak, hogy életmódjuk megkívánta különleges alkalmazkodásuk messze a földtörténet középkorába visszanyúló évmilliók eddig felkutatatlan homályába vész.

Nem lesz haszontalan itt egy pillanatra visszagondolni a madarak kialakulásáról mondottakra: mindkét, egyaránt a repüléshez alkalmazkodott szervezetű állat-csoport az eocénre tulajdonképpen kialakulva, szinte mai formájában áll előttünk. Változásaik azóta sokkal inkább sorolhatók az elszigetelődés hatására bekövetkezett izolációs-variálódás, mintsem a környezet formáló hatásának számlájára.

Végezetül — a kép teljessége érdekében — még egy eocénbeli emlősrend kialakulásáról kell megemlékeznünk. Ez a mai napig ugyan fennmaradt, de végnapjait élő szirének (tengeri tehenek) rendje. Dél-Európa és a Kárpát-medence számos elszórt, igen hiányos lelet mellett két jelentősebb maradványát szolgáltatta: az egyik az észak-olaszországi *Protothevium veronense*, a másik pedig a felső-gallai *Sirenavus hungaricus* felső eocénkori koponya- és hiányos csontváz-lelete. Mindkettő ugyanazt mutatja, mint a denevérek: egy speciális (itt vízben élő, uszonnyá átalakult mellső végtagokkal úszó) életmódra messzemenően alkalmazkodott emlősrendről van szó, amely szinte fejlődésének befejezett csúcspontján jelenik meg, már fejlődéstörténete általunk ismert legősibb, legmélyebb pontján. Gyakorlatilag teljes történeti kialakulásukat egyelőre a mezozoikum végi—paleocén időszaki fejlődés ismeretlen homálya rejti előlünk.

Ha mindezekből fel akarjuk vázolni az eurázsiai—észak-amerikai fauna-terület eocénkori emlősvilágának a képét, akkor a következőket kell szem előtt tartanunk.

A fauna igazi földtörténeti középkori maradványainak sorából csak az erszényesek egy nemzetsége jut át az eocénbe. Az eocén elején eltűnnek az utolsó *Multituberculáták*. A paleocénből átjött valódi emlős-rendek sorában fokozatos „modernizálódás" indul el, vagyis a rendek paleocén ágai fokozatosan kihalnak és új oldalágakban halad tovább a csoport fejlődése. Ez különösen a ragadozókra és a patásokra — bár kisebb mértékben a rovarevőkre és a rágcsálókra is — érvényes. Ezzel szemben nem hoznak létre új típust a félmajmok, amelyek konzervatív csoportokkal élik át az eocént.

A ragadozók és főleg a patások mai jellegeinek kialakulása (mai ragadozók legősibb elődei, *Creodonták*, *Titanotherium*ok, lovak, tapírok, orrszarvúak) mellett új színt ad a faunának a denevérek és szirének megjelenése. Kialakulásuk azonban a középkor-újkor határán folyhatott le, eddig ismeretlen fauna-területen, ismeretlen körülmények közt.

Mindezek az adatok két tényezőre hívják fel a figyelmünket. Az egyik: a faunaelemek nagyságrendjének eltolódása a nagyobb méretű alakok felé, sőt nem egy esetben óriás alakok jönnek létre (*Andrewsarchus*); a másik pedig: a nehézkes alakokat produkáló csoportok lassú visszahúzódása a fürgébb, karcsúbb testalkatúakkal szemben. Pontosabban a nehézkes, nehézmozgású felépítés korlátozódása a valóban legnagyobb testű alakokra, míg a kistermetűek mindinkább karcsú, fürge alakokká válnak. Ezek az átalakulások Európa fauna-területén sokkal kisebb mértékben vehetők észre, mint Észak-Amerika vagy akár Kelet-Ázsia lelőhelyein. Ennek talán egyik legkézenfekvőbb magyarázata az akkori földrajzi viszonyokban keresendő. Ugyanis míg Észak-Amerika és Belső- illetve Kelet-Ázsia hatalmas kontinentális tömeget alkotott, addig az akkori Európa jórészt szigetekre felszabdalt, igen tagolt térségek halmaza volt, ahol nem is nagyon alakulhatott ki pl. a *Titanotherium*ok és más nagytestű állatok életlehetőségeit biztosító nagytáj. Ez alatt természetesen nem arra gondolunk, hogy esetleg ez a felszabdalt szigetvilág nem nyújthatott ezeknek a nagytestű állatoknak megfelelő élelmet vagy mozgási lehetőséget, hanem sokkal inkább arra, hogy hosszabb idő alatt a sok apró kis térség nem biztosította volna a megfelelő vérfelfrissítést eredményező, nagy távolságú vándorlást és tenyészkicserélődést.

Mindezeken a jellegeken kívül azonban még azt a tényt sem szabad figyelmen kívül hagynunk, hogy az eocén folyamán szinte valamennyi rendben megjelennek azok az emlőscsaládok is, amelyek fejlődése több-kevesebb töréssel bár, de napjainkig vezeti fel a fejlődést.

Az európai—észak-ázsiai—észak-amerikai faunaterület mellett a mi vonatkozásunkban az afrikai a legfontosabb, már csak az európai kontinenssel való, ideigóráig igen szoros kapcsolata miatt is.

Éppen ez az Európával fennálló szomszédi kapcsolat azt a feltevést alakíthatja ki a szemlélőben, hogy Afrika és Európa szárazföldjei mindenkor a legszorosabb kapcsolatban és kölcsönhatásban fejlődtek a földtörténet évmilliói folyamán.

Nos, ez a mindenképpen megalapozottnak tetsző feltevés teljesen téves volna. Afrika élővilága a harmadkor elején semmivel sem állt közelebb az eurázsiai—északamerikai nagy északi fauna-terület szárazföldi faunájának összetételéhez mint ez Dél-Amerikáéhoz. Sőt! Az a rokonság és számos közös vonás, amelyet Európa és Afrika, vagy Dél-Ázsia és Afrika közt észlelünk, egészen máshonnan ered.

Afrika faunájáról az eocén időszakból édes-keveset tudunk. De ez a kevés is elég arra, hogy tisztán lássuk: ennek az Afrikának az akkori Európával gyakorlatilag semmi kapcsolata nem lehetett.

Afrika eocén-faunájáról az egyiptomi Fayum-sorozat középső és felső eocénkori

rétegeinek gerinces-leletei nyújtanak némi felvilgásoítást. Ezek szerint az Európából szintén ismert szirének ősi alakjai mellett a cetek legősibb alakjainak több képviselője került innen elő, továbbá az ormányosok eddig ismert legkezdetlegesebb tagjai (*Moeritherium*), végül egy csak innen ismert őspatás rend egyetlen képviselője (*Barytherium*).

Ha nem is vesszük figyelembe a szirének mellett az ősi ceteket mint tengeri alakokat, akkor is teljesen endemikus, itt keletkezett emlősrendként kell kezelnünk az ormányosokat és a *Barytherium*okat. Ezekhez még csak közeli rokon alakok sem fordultak elő más kontinenseken, s az ormányosok miocén eleji kiáramlásáig Afrikán kívül soha nem is fordultak elő. Ennek a két „patás"-rendnek az afrikai, elszigetelt kialakulása és a miocénig fennálló különállósága e kontinens különleges fauna-történeti helyzetét mutatja, amit különösen faunájának valamivel jobban ismert oligocénkori története még inkább alátámaszt.

Áttérve végül Dél-Amerikára, a Casamayorense aránylag jól ismert faunája alapján a következőkben rekonstruálhatjuk e kontinens eocén faunatörténetét.

Dél-Amerika eocén faunája már alapvetően eltér a másik két nagy faunabirodalomtól. Ez nemcsak az itt képviselt rendek különbözőségében, hanem az egyes életterek és életmódok eltérő benépesítésében is jól mutatkozik.

Dél-Amerikában az eocénben erszényesek, foghíjasok, valamint a jellegzetes dél-amerikai „patás" rendek ősi képviselői az emlősök. Nincsenek még rágcsálók, rovarevők, félmajmok, ragadozók, számos más rendtől eltekintve, amelyek vagy általában nem érték el Dél-Amerikát, vagy csak a földtörténet igen kései szakaszaiban jutottak el oda.

Mármost felmerül a kérdés: vajon ez a hiányos emlős-fauna kihagy bizonyos típusokat vagy más alakokból fejleszti ki azokat, mint a teljesebb faunákban tapasztaljuk?

Rögtön meg is adhatjuk a választ. A fauna a környezet-adta lehetőségeket minden tekintetben kihasználja. Ez Dél-Amerika eocéni faunájában a következő helyzetet teremtette.

Először is a rovarevő-fauna hiánya az erszényes rovarevők felvirágzását tette lehetővé. A ragadozók és *Creodonták* hiánya folytán pedig az erszényes rovarevőkből fejlődhettek ki a fauna ragadozói (*Sparassodonta*), noha az eocén folyamán nem alakult ki farkasnál nagyobb alak. A rágcsálók hiányát az igen változatos növényevő foghíjas-fauna mellett a speciális dél-amerikai növényevő-rovarevő erszényesek (*Caenolestidák*) pótolják. Mindezek az élettér kihasználásának szempontjából fokozatos átmenettel kapcsolódtak Dél-Amerika igazi specialitásai, endemikus (bennszülött) növényevő patásai felé.

Ha végigtekintünk ezen az állattársaságon, amelynek sajátszerűségét nem tompítja az oligocénben hirtelen felbukkanó rágcsálók, a miocénben megjelenő újvilági majmok, legfőképpen pedig a pliocén végén és pleisztocén elején beáramló párosés páratlanujjúak, ragadozók és mások rárétegződése, akkor nyugodtan elmondhatjuk, hogy Dél-Amerika emlős világa az eocénben érte el a többi fauna-területtől legelütőbb arculatát. Ebben az időben a fauna új elemei kivétel nélkül ott helyben, a paleocén-típusok továbbfejlődése révén kialakult fauna-elemekből állottak.

A következő korszakokban az új fauna-elemek messzemenően befolyásolják a régi fauna továbbfejlődését, és ezekkel végül is valamelyes természetes egyensúlyi helyzetbe jutva alakítják ki ezekben az időszakokban a dél-amerikai kontinens még mindig igen jellegzetes, de már új és új elemekkel felfrissített fauna-együttesét.

De mi van Ausztrália fauna-képének kialakulásával? Erről ugyanis mindeddig nem esett szó. Ennek két oka van. Az egyik, hogy a kérdés vitatására semmi-

féle őslénytani anyagunk nincsen; a másik pedig, hogy Ausztrália szárazföldi élővilága olyan mértékben idegen a többi kontinensétől hogy a földtörténet újkorának legrégibb szakaszaitól kezdve a jelenkorig semmiféle kapcsolatot sem tételezhetünk fel köztük. Éppen ezért Ausztrália faunáját tulajdoképpen csak mai összetételéből következtetve tudjuk a többi kontinensével összevetni. Bár meglehet, hogy valamelyik kontinenssel, elsősorban Délnyugat-Ázsiával időről időre lehetett fauna-kapcsolata, ám a beáramló elemek idővel újra kipusztultak, az ősi, harmadkor előtti fauna-elemek utódai pedig régi egyensúlyukba visszazökkenve élték tovább életüket — „paradicsomi" elzártságukban. Ezt a feltevést semmiféle bizonyíték nem erősíti meg, sőt a többi kontinens fauna-fejlődésének története az ellenkezőjét igazolja, mert az elzártan fejlődött helyi (endemikus) faunák sorsára mindig végzetes hatású volt az új fauna-elemek beözönlése. Mindig az új elemek szaporodtak el uralkodóan, miközben a régi, helyi fauna elemeinek jórésze kipusztult vagy legalábbis megritkult.

Ezzel a határozott negatívummal le is zárhatjuk az eocénbeli szárazföldi élettér gerinces világának áttekintését. Ha távol is vagyunk még attól, hogy jól ismerjük ezt a világot, idegenszerűségét és mai világunktól messze eső vonásait némileg mégis érzékeljük már. Úgyszintén felfedezzük benne azt a néhány ismerősnek tetsző vonást, amelyek közelebb jőve, az elkövetkező időszakokban mind több hasonló vonással szaporodva, végül is a mi jól ismert élővilágunkba torkollanak. Ezt azonban még jó 40 millió év szakadatlan fejlődése előzi meg. De megelőzi a faunák elszigetelt fejlődésének, majd ezt követő egymásra való rétegződésének többször megismétlődő drámai egymásutánja is.

Az első ismerősök

Ha az eocénről azt mondhattuk, hogy élővilágában először találhatók a harmadkor folyamán azok az emlős elemek, amelyekben már a modern fauna kialakulásának csíráit ismerhetjük meg, akkor a rákövetkező oligocén élővilága már komoly lépéssel haladta túl ezt a fokot. Itt bukkanunk első ismerőseinkre, mai faunánk legősibb elemeire. A mi szempontunktól pedig még külön jelentősége is van az oligocén állatvilágának. A Bakony keleti peremén fekvő Bodajk határában, a triász-mészkő karszthasadékaiban az elmúlt évek során az európai fauna-elemek számát tekintve is gazdag oligocéni gerinces faunát sikerült feltárnunk. Így az a kép, amelyet az oligocén faunájának fejlődéséről felvázolunk, a legtöbb vonásában a magyar föld ősi állatéletének első hiteles összképét adja.

Oligocén eredetű gerinces-lelőhelyekben Nyugat-Európa viszonylag elég gazdag. Itt elsősorban a francia foszforitok oligocénbe átnyúló lelethelyei mellett Ronzonra, Németországban a Mainz-i medencére, a bajor *babérces* előfordulásokra gondolunk.

Ázsiában mindenekelőtt a mongoliai Hszanda Gol gazdag leleteit sorolhatjuk ebbe a korba. Észak-Amerika oligocénbeli szárazföldi állatvilágának teljes fejlődési sorát a White River-sorozat tárja fel, ugyancsak utolérhetetlen gazdagságban, míg Dél-Amerikából a patagonai Deseadó sorozatban kapunk bő felvilágosítást az oligocén szárazföldi fauna-képéről.

Az északi földgömb oligocén-faunáit elsősorban azzal a tulajdonságukkal jellemezhetjük, hogy bár összhatásukban nagymértékben „modernebbek", mint a megelőző eocén állattársaságok, mégis sokkal kisebb mértékben keltik ezt a hatást az itt jelentkező új fejlődési sorok, mint az eocén-fauna paleocén alapjának teljes hiánya. Az oligocén emlősvilágának maiságát tehát a régi típusok kihalása jellemzi.

Az egész elmúlt században, főleg azonban a múlt század hét-nyolc évtizedében szinte kizárólag az emlősök nagyméretű vagy közepes alakjaira vonatkozó adatokat gyűjtötték össze. Az apróemlősök rendszeres vizsgálata, mindenekelőtt azonban rendszeres gyűjtése az őslénytani kutatás legutolsó két-három évtizedére jellemző. Nagytömegű, összefüggő adatszolgáltatás pedig — az elszigetelt esetektől eltekintve — inkább az elkövetkező évek kutatásaitól várható. Ezért érthetővé válik, hogy bizony a múlt század nagy részében nemcsak a kezdetleges preparálási-konzerválási munkálatok, hanem főleg a mai szemmel teljesen felszínesnek mondható gyűjtési-ásatási módszerek következtében az apróemlősök ismerete az őslénytan eléggé elhanyagolt területe volt. A fauna-kép összesítésében szinte kizárólag a nagyemlősök megjelenéséből, eltűnéséből, gyakoriságából levont következtetéseket használták fel.

Mindezek szem előtt tartásával mi is a nagyemlősökre támaszkodva rekonstruáljuk az oligocén fauna-képét, és csak kiegészítésképpen kapcsoljuk hozzá a kisemlősfauna egyelőre még csak kialakuló, de már nagy vonásokban is roppant mozgalmasnak ígérkező analízisét.

Az utolsó európai erszényesek, a mai dél-amerikai oposszummal legközelebbi rokonságban álló *Peratherium* néhány faja, e rend utolsó óvilági képviselői, csak az oligocén végével tűnnek el kontinensünkről.

Szinte velük egy időben pusztulnak ki kontinensünk területéről a *Creodonták*, melyek a *Pterodon* és *Hyaenodon* nemzetségek számos fajával népesítették be az oligocén idején a szárazföldek nagyobbik részét, és a miocénbe már csak az óriás termetű *Harpagodon (=Hyaenaelurus)* jutott el.

Az oligocénben még virágzó ősi ragadozó típusok, a *Creodonták* mellett nagy lendülettel indul meg a valódi ragadozók kibontakozása. Elsősorban a kutyafélék és a velük rokon *Amphicyonidák*, valamint a menyétfélék közül a kis termetű *Stenoplesictinák* terjedtek el. Mellettük mennyiségileg kisebb szerepet játszanak a macskafélék. Gyakorlatilag mindezek a ragadozó nemzetségek az eocénbeli típusokra visszavezethető, de az oligocénben kibontakozott fejlődési vonalak tipikus képviselői.

Változatosabb a patások oligocénkori története. Különösen a páratlanujjúakra vonatkozik ez, amelyek közül a *Palaeohippida*-lófélék még az oligocén elején hirtelen megcsappannak és eltűnnek a színtérről, míg az orrszarvúak és a soha sem változatos tapírok viszonylag virágzó nemzetségekben vonulnak végig az egész korszakon.

Ha a páratlanujjúak — legalábbis a lovak — részleges visszahúzódását tapasztaljuk, annál feltűnőbb a párosujjúak előtörése. Itt megint a gyökereikben az eocénben már mindenütt fellelhető típusok feltűnő elszaporodását és változatos szétágazását emelhetjük ki. Különösen változatos az *Anthracotheriida* fauna, gazdag oligocén szénlápjaink jellegzetes disznókülsejű patásai, a mind több típusban jelentkező disznófélék, valamint a kérődzők apró termetű, sokféle, bizonyos tekintetben a szarvasfélékre emlékeztető (de természetesen teljesen agancstalan) alakja.

Miközben ezek a nagyemlősök éltek és váltakoztak egymással az oligocéni Európa változatos szárazföldi tájain, azalatt tarka apróemlős-világ töltötte ki a maga sokszínűségével ezt a keretet.

A rovarevők még elég távol álltak attól a képtől, amit egy mai európai rovarevőfauna elénk varázsol. A vakondokféléknek a mainál változatosabb társasága mellett teljesen idegenszerűen hat a mai értelemben vett cickányok teljes hiánya, ami majdnem a teljes oligocénben észlelhető. Helyettük csak egy maradéktalanul kihalt, cickányszerű kis állat-csoportot ismerünk ebből a körből az oligocénben. Ezt a rovarevő társaságot a sünök néhány ősi formája egészíti ki. Mindebből kiviláglik, hogy rovarevő emlőseink aránylag sokkal gyérebben töltötték be azt a szerepet, amelyet a

rovarok hatalmas tömegei mellett az akkori fauna-együttesben betölthettek volna. Miután aligha gondolható, hogy a természet egyensúlyának ezen a vonalon hiányzott a kellő biztosítéka, fel kell tennünk, hogy ezt a hiányt az akkor még részben a gazdagabb gyík-fauna, részben pedig a denevérek és apró rágcsálók feltűnő magas arányszáma pótolta.

A denevérek az oligocénben már igen változatos alakgazdagságban jelentkeznek. Néhány ma már kihaltnak tekinthető csoportjukon kívül uralkodó számban a patkósorrú denevéreket találjuk. A simaorrú denevérek, melyek a mai európai denevér-faunák túlnyomó többségét jelentik, ebben az időben még csak gyéren mutatkoznak.

Azt mondottuk hogy a rovarevők hiányzó tömegeinek helyettesítésében nagy szerep jutott a kis rágcsálóknak is. Ezt kissé meg kell magyaráznunk. A rágcsálókat általában nem tartjuk rovarevőknek, és ez általában így is van. Ellenben ez idő tájt még különbséget kell tennünk rágcsáló és rágcsáló között. A pockok szinte kizárólag fű-, illetve levélevők. Az egerek már eléggé mag- és mindenevők. A pelefélék és csíkosegerek viszont többé-kevésbé rovarevők-ragadozók; a jól ismert hörcsög, ha szerét teheti, szívesen ragadozóvá válik, mégpedig pillanatok alatt.

Ha most megnézzük, hogy Bodajkon a százezres tömegben feltárt oligocén rágcsáló-maradványok közt milyen számarányban oszlanak meg a rágcsálók, akkor a következőket tapasztaljuk.

Minden más rágcsálót messze felülmúló tömegben egy kihalt, apró termetű rágcsáló-csoport, az *Eomyidák* képviselői kerültek elő. Méreteik és alacsony, zúzótörő fogazatuk semmiképpen sem utal kimondott növényevőre. Némi magevés mellett ezek az apró állatkák csak kis húsevő rablók lehettek, ami termetükből következtetve gyakorlatilag rovarevést jelenthetett.

Az *Eomyidák* mellett legnagyobb tömegben a hörcsögfélék ősi alakjaival találkozunk a bodajki faunában. Ezek a hörcsögök azonban igen kevéssé hasonlítottak — legalábbis méreteikben — ma is itt élő, tekintélyes méretű rokonukra, mert egérszerű, apró állatkák voltak. Egy alakjuk pedig — úgy látszik — minden idő legkisebb rágcsálóféléjét juttatta a kezünkbe, a törpeegérnél is kisebb állat formájában. Ezek az apró hörcsögök is sokkal inkább kapkodhatták a zöldben bújkáló rovarságot, semmint a növényzettel bajlódtak volna.

Végül az előbbi kettő után a pelefélék adták a fauna harmadik leggyakoribb elemét. Ezekről az állatokról pedig már a fentiekben is elmondtuk, hogy nem ártalmatlan vegetariánusok.

De a rágcsálók nemcsak életmódjuk miatt érdekelnek bennünket. Faunaösszetételük vizsgálata az állatvilág fokozatos fejlődésének, alakulásának legtanulságosabb példáit szolgáltatja számunkra.

A rágcsáló-fauna mai összetételében igen fontos szerepet játszó mókusfélék már itt is jelentős tagjai a faunáknak. Bodajkon — akárcsak ma a trópusi ázsiai faunákban — többféle alakkal szerepelnek. Valamennyi közül azonban legérdekesebb egy majdnem a mai marmota nagyságát elérő, hatalmas faj. Ennek utódai az alsó miocénig nyomozhatók, csak ekkor tűnnek el az európai fauna-képből.

A pelék családjából — az eocénből átjövő 1—2 típus mellett — ott vannak már a mindmáig fauna-területünk tagjaiként szereplő, vagy legalábbis a miocén időszaki pele-fauna gerincét adó típusok, mégpedig hatalmas számbeli fölényben az előbbiekkel szemben.

Itt lépnek fel első ízben (alárendelt példányszámban) a mai ugróegerek ősi rokonságába tartozó legrégibb ismert csíkosegerek.

Ugyancsak oligocénben induló alakok az *Eomyidák*, nem túl változatos forma-

kinccsel, viszont a kor rágcsálói közt uralkodó példányszámmal. Mint már említettük, egér nagyságú kis rágcsálók, s valószínűleg rovarevő életmódot folytattak. Az utódaik még a miocénben is uralkodó elemei az apróemlős-faunának, de a miocén vége előtt hirtelen, minden átmenet nélkül eltűnnek.

Az *Eomyidák* mellett tömegesen találhatók meg a hörcsögfélék. Az egérnél is jóval kisebb törpe alaktól a mai európai hörcsögnél valamivel nagyobb termetű fajokig különböző méretben kerültek elő maradványaik. Uralkodóan gyakori formájuk azonban az egérnél valamivel nagyobb. Különleges hörcsög-csoportot alkotnak a miocénbe is áthúzódó *Melissiodontinák*, különös, a méhek üres lépjére emlékeztető (innen a név!) keskeny zománclécekkel elválasztott, rekeszekre bontott zápfog-rágófelületük miatt.

A bodajki fauna rágcsálóinak egyöntetűen alacsony fogkoronája és már említett, valószínűleg rovarevésre hajló életmódja azt a gyanút ébreszti, hogy az egyetlen *Melissiodontina*-hörcsögöket leszámítva nincs is köztük igazi növényevő, illetve főleg fűevő alak.

Ha ebből a szempontból átvizsgáljuk a nyugati oligocén rágcsálófaunáinak összetételét, azt látjuk, hogy a bodajki alakok ott is előfordulnak, de megközelítően sem ilyen változatosságban és tömegben, hanem viszonylag szerény példányszámmal, viszont a fauna rágcsálóinak nagyobbik részét számos új, Bodajkról teljesen hiányzó rágcsáló adja. Ezek szinte kivétel nélkül magas fogkoronájú fajok és nemzetségek. A magas fogkorona, vagy még inkább a gyökér nélküli oszlopfog a legbiztosabb jele annak, hogy az illető állat fűevő: a fűevés a fűfélék *(Graminea)* magas kovatartalma miatt annyira koptatja a zápfogakat, hogy azok csak folytonos növekedéssel egyenlítik ki a kopást. Enélkül a fogkorona olyan hamar elkopna, hogy az állat rendes élettartamának csak csekély részére volna működőképes fogazattal ellátva.

Ezek a típusok, a változatos *Theridomys*—*Trechomys*-csoport rágcsálói, rohamosan indultak neki annak az útnak, amely végső fokon az oszlopos, folyamatosan növekvő, ideális fűevő fogazat kialakulásához vezet. Habár Európa területén ez a fűevésre való alkalmazkodás az eocén ősi rágcsálóiból gyorsan kiegyénült típusokba szökve itt nem is vezethet végső eredményre, mert ezek a fejlődési vonalak sorra kihaltak, mégis rokonaik a többi kontinensen — de mindenekelőtt Dél-Amerikában — magas fejlettségű, a fűevéshez messzemenően specializált csoportokat hoztak létre. Számos leszármazottjuk ma is jellegzetes tagja ennek a különös faunának.

Nem sokkal a *Theridomys*-ág felvirágzása után (inkább a középső, mint az alsó oligocénben) gyors fellendüléssel vonja magára a figyelmünket egy sok tekintetben a *Theridomys* fogazat rágófelületére emlékeztető zápfog-típusú rágcsálócsoport. Ez a hódok családja. Az apró termetű, korai oligocén szárazföldi, sőt föld alatt túró életmódú állatoktól mind a legnagyobb európai rágcsálóig, a hazánkban éppen egy évszázaddal ezelőtt kipusztított európai hódig, mind pedig az észak-amerikai jégkorszak végi, medve nagyságú *Castoroides*ig hosszú utat tett meg ez az érdekes rágcsáló-család. Oszlopos lomb- és gallyevő fogazatának alapjai azonban már az oligocénben megvoltak. Később már csak az oszlopfog megnyúlásával kellett azt tökéletesíteni.

Végül — az oszlopfogúsággal kapcsolatban itt említjük meg harmadik rágcsálócsoportként a mai tudományos felfogás szerint már nem is rágcsálónak tekintett, hanem ezekre csak néhány specializációs párhuzamuk miatt emlékeztető, s inkább a patásokkal közelebbi rokonságba helyezhető nyúlformákat. Európában ezek tulajdonképpen csak az oligocén vége felé jelentek meg, de akkor sem a mai faunánkban jellegzetes szerepet játszó nyulakkal, hanem a rend másik családjának, az *Ochotonidák*nak vagy füttyentőnyulaknak a korai képviselőivel. Európában felbukkanó alakjaik valójában már egy teljesen kialakult, specializált típus képét nyújtják.

Ez a három, határozottan az oszlopfogúság irányában fejlődő, fűevésre specializálódó csoport jól szemlélteti a Nyugat-Európa főleg alsó és felső oligocénkori fizikai földrajzának szárazföldi jellegét. Ettől minden tekintetben különbözik a Kárpát-medence, pontosabban Bodajk környékének nedves-erdei képe. Utóbbit jól egészíti ki a *Bachitherium*-ősszarvasnak, ennek az alig nyúl magasságú kis állatkának a gyakorisága és a rengeteg óriásszalamandra-, valamint erdei sikló-maradvány.

A nyugat-európai száraz karsztos területek füves-bokros tájai és a bodajki nedves-erdei környezet mellett — jellegzetes harmadik európai oligocén-tájként említhetjük meg azokat a láp-öveket, amelyek kiterjedt széntelepeket hoztak létre. Jellemző állatviláguk az *Anthracotheriumos*, disznós fauna-együttes, orrszarvú és főleg apró szarvasfélék őseiből álló párosujjú alakokkal kiegészítve.

Ettől az európai jellegű oligocénkori képtől elüt az afrikai állatbirodalom jellege. Az eocén szirénjei tovább fejlődnek az oligocénben, de még fontosabbak az ormányosok. Ezek, vagyis a *Phiomia-* és *Palaeomastodon* nemzetségek fajai már félreismerhetetlenül magukon viselik a valódi ormányosok szervezeti felépítésének minden jellemző vonását. De a mai elefántok újszülött borjainál is kisebbek. Napjaink elefántjainak felső agyarpárján kívül ezek még alsó agyarpárt is viselnek.

Ezeken kívül Afrikából ismerünk néhány *Creodonta* ragadozó típust, amelyek nem állnak távol európai kortársaiktól. Ugyanezt mondhatjuk el néhány ismert afrikai ősrágcsálóról. Ezek az európai *Theridomyina*-alakok fejlődési oldalhajtásai. Ha nem volna olyan hiányos az afrikai oligocén-fauna képe, akkor természetesen feltűnőnek kellene tartanunk, hogy ebből a faunából hiányoznak az oligocénkori *Creodonta* ősragadozókkal szemben Európában határozottan túlsúlyban levő valódi ragadozók, úgyszintén a nem *Theridomyina*-rágcsálók. Mindezek a tények arra utalnak, hogy az európai és afrikai szárazföldi faunák közös típusai valahol az eocén mélyebb részében keresendők. Az oligocénben mindkét kontinensen élt alakok sokkal kevésbé a közvetlen oligocénkori kapcsolat tanúi, mint inkább a közös paleocén (eocén) időszaki fejlődési törzsek még mindkét földrészen fennmaradt, de egymással már közvetlen kapcsolatban nem álló leszármazottjai.

Az afrikai oligocén-faunában azonban az eddigieknél sokkal fontosabb szerepet játszanak azok a csoportok, amelyek sem az oligocénben, sem előtte nem állottak kimutatható közös ősök vagy éppenséggel közös alakok révén akár európai, akár más földrészek ismert emlősrendjeivel rokonságban, hanem itt helyben fejlődtek ki az afrikai élővilág nagyfokú óharmadkori körülzártságában. Ezek közt kell említenünk az orrszarvú nagyságú és megjelenésű, félelmetes *Arsinoitheriumot*, az ormányosokra emlékeztető hatalmas *Barytheriumot*, és az ebben az időben már virágzásban levő, mai képviselőikhez képest óriásokkal kérkedő szirtiborzok *(Hyra*-félék*)* három rokontalan, tisztán afrikai őspatás rendjét *(Embrithopoda, Barytheria* és *Hyracoidea)*.

Ezek mellett szinte semmi jelentősége sincsen annak a ténynek, hogy Észak-Afrika oligocén-képződményei — akárcsak helyenként Európáé — dúskálkodnak az *Anthracotheriidákban*, bár ezek sem ugyanazok a nemzetségek, mint az európaiak.

Végül még egy, a mi szemszögünkből nézve különös jelentőségű emlősrend néhány nagyfontosságú képviselője bukkan fel először Afrikában. Ezek a valódi majmok, pontosabban az emberszabásúak, amelyeknek legősibb, biztos alakjai Egyiptom fayumi oligocén eredetű rétegeiből kerültek napvilágra: a *Parapithecus*, a *Propliopithecus* és a *Moeripithecus*. Közülük különösen az első kettő játszik igen fontos szerepet az ember rokonsági kapcsolatainak és eredetének tisztázásában.

De ezt a dicsőséget, mármint az emberiség bölcsőjének dicsőségét Ázsia sem adja olcsón! Még 1910 táján úgy látszott, hogy Jáva középső pleisztocénben, tehát

vagy 300-400 ezer évvel ezelőtt Jáván élt híres „majomember", a *Pithecanthropus* révén szerzett jelentőségét Ázsia végleg elvesztette, hiszen kétségtelennek látszott, hogy valamennyi többi kontinens Afrikából kapta — legkorábban a miocén elején — emberszabású majom-alakjait, a törzs maga pedig Afrikában alakult ki. De három évtized sem telt el, és máris újra jelentkezett Ázsia. Burma eocénkori rétegeiben kétségtelenül antropoid állkapocs-töredéket találtak. Sem ez az *Amphipithecus*, sem az ugyancsak ősi antropoidnak határozott *Pondaungia* emberszabású jellege mindmáig nem dőlt el, Afrika viszont előretört az *Australopithecinák* egész sorának a Dél-Afrika pliocén végi — pleisztocén eleji képződményeiből való felfedezésével.

Akárhogy is dőljön el a jövőben ez a kérdés, kétségtelen, hogy Afrika az oligocén folyamán helyben kialakult, ősi afrikai emlősállat-rendekkel tűnt ki. Kétségtelen tehát, hogy ezen a földrészen, önálló törzsfejlődési gócként számos állatcsoport kialakulása zajlott le. Ezek egy része — helyi jellegzetességek — idővel kihalt, nagyobbik részük azonban kiáramlott a többi kontinensre és azok faunáinak számos, a faunák összetételében nagy fontosságú csoportját, rendjét, családját alkotta. Az, hogy mennyiben sorolható ezek közé az emberiséghez vezető ősi emberszabású törzs, vagy pedig mennyire volt az emberi nem, tehát a *Homo* nemzetség közvetlen ősének az *Australopithecinák*nak kizárólagos bölcsője, — még további leletek tanúságtételétől függ.

Ugyanakkor, amikor Afrika endemikus, ősi állatcsoportjairól beszélünk, nem hallgathatjuk el az emlősökön kívül e kontinens két további jellegzetességét: a közelmúltban kihalt madagaszkári *Aepyornis*-óriásmadarak oligocénkori ősének vagy legalábbis ősi rokonának bizonyult *Stromeria*t, melyet a magyar *Lambrecht* Kálmán, a madarak őslénytanának legkiválóbb képviselője ismert fel és írt le, valamint a fayumi oligocén-rétegek jellegzetes harcsaféléit, amelyek e földrész máig is jellemző, már az oligocénben is kiemelkedő szerepét igazolják. Az ősállatföldrajz és a kontinensek története szempontjából ezek közül különösen az előbbinek tulajdonítanak elvi fontosságot. Ne felejtsük el, hogy visszafejlődött szárnyú és melltarajú ún. óriásmadarakat ma Afrikából, illetve a határos Arábiából (strucc), Dél-Amerikából (nandu) valamint Ausztráliából — Új-Guineából (emu és kazuár) ismerünk. Ezekhez csatlakoznak a legközelebbi múltban kihalt madagaszkári epiornisz-félék és új-zélandi dinornisz-félék, minden idők leghatalmasabb termetű madarai. Mármost voltak, akik úgy gondolták, hogy ezek az óriásmadarak külön-külön alakultak ki az egymástól igen távol fekvő és földrajzilag rendes körülmények közt semmiféle kapcsolatba nem hozható területeken. Ez a magyarázat tisztázná az óriásmadarak igen szétszórt és látszólag semmi összefüggést sem mutató előfordulását. Viszont teljesen magyarázat nélkül hagyná az egyes óriásmadár-csoportok közti rengeteg közös vonás és általában nehezen tagadható származástani összefüggés kérdését. Ugyanekkor teljesen nyílt kérdés marad, hogy vajon ezek a madarak jellegzetes madártarajnak nyomát sem mutató mellcsontjukban egy ősi fejlődési fokot őriztek-e meg, avagy a rendesen kialakult szegycsont-taraj utólagos, fokozatos redukcióját tárják elénk, mégpedig a repülő életmódnak a nagy testsúly következtében futó életmóddal való felcserélése következményeképpen?

Lambrecht fayumi lelete ugyan e problémák egyikére sem ad megnyugtató választ, mégis döntő új szempontokat szolgáltat a tudomány számára e kérdés tisztázásához. Ugyanis, ha már az alsó oligocénben kell ilyen futó-életmódra specializált alakokkal számolnunk — mégpedig éppen Afrika nagymértékben elszigetelt faunájában —, akkor nagy valószínűséggel feltételezhetjük azt a lehetőséget, hogy valóban élt valahol a paleocénben—eocénben (mégpedig hatalmas kiterjedésű területen) egy ilyen madártörzs, amelynek az összefüggő terület szétszakadozása

után korábbi elterjedésének néhány szigetszerű foltján, ezeken a körülhatárolt területeken izoláltan továbbfejlődve kialakult utódai a különböző óriásmadárcsoportok. Ehhez a feltevéshez a *Stromeria*-lelet még azt az adatot szolgáltatja, hogy ez a szétszakadás igen korán mehetett végbe. Ezért akadunk már Észak-Afrika alsó oligocénből származó leletei közt olyan futó óriásmadár-típusra, amely már határozottan Afrika egy — legkésőbb az oligocén végével elszakadt és azóta önálló állatföldrajzi egységként tovább élt — nagy szigetén, Madagaszkáron a jelenkor elejéig virágzó óriásmadártörzs tagjaival, az *Aepyornithidák*kal mutat kétségtelen kapcsolatot. Az pedig további kérdés, hogy magán a kontinensen mikor és milyen körülmények közt pusztult ki ez a törzs.

Afrika elszigetelt életet élt faunájának taglalása után áttérve Ázsia oligocén fauna-történetére — meglepődve tapasztaljuk, hogy ez a hatalmas földterület menynyire Európa és Észak-Amerika jellegzetes vonásainak keveréke, s egyben visszatükrözése; legalábbis a kontinens északi és keleti területein. India és Délkelet-Ázsia ebben a vonatkozásban még rejtély, amelynek megoldásához igen sok adatra volna szükségünk — elsősorban természetesen magukról e területekről, de nem sokkal kevésbé Afrikából is, amely felé kapcsolatok utalnak.

Ázsia kontinentális (északi) törzsén eddigi tudásunk szerint egyetlen olyan nagyobb rendszertani emlős-csoport sem élt az oligocén folyamán, amelyet Európa vagy Észak-Amerika hasonló korú képződményeiből ne ismernénk. Bár ennek a területnek a faunájára (pl. apróemlős-faunájára) vonatkozó ismereteink csak alkalmi leletekből adódik. Márpedig ezek igen messze vannak attól, hogy összefüggő képet adhassanak egy kontinens tarka szárazföldi életének erről a színekben gazdag és változatos csoportjáról.

Ami az oligocén folyamán Ázsia élővilágának (és ezen belül emlős-faunájának) mégis sajátos színt kölcsönöz, az a szomszédos kontinensekkel közös csoportok helyi képviselőinek sokfélesége, bizarr kifejlődése, vagy hatalmas, óriás alakjai. Így pl. Belső- és Kelet-Ázsiában gazdag és változatos *Titanotheriida*-faunát találunk, akárcsak Észak-Amerikában. Ugyanekkor Európában gyakorlatilag nem voltak *Titanotheriidák*. Azután Ázsiában viszonylag gazdag tapírféle állatok éltek — ezek mind Európa, mind Észak-Amerika oligocénbeli faunáiban elég szegényesek. Ezzel szemben Ázsiában hiányoztak a lófélék, Észak-Amerika oligocén-faunájának mind a formák sokféleségében, mind pedig az egyes fajok tömeges jelentkezésében uralkodó patásai. Ezt a hiányosságot viszont bizonyos tekintetben egyensúlyba hozta Ázsia aránylag változatos párosujjú-faunája és orrszarvú-típusai. Az utóbbiak közt találjuk Belső-Ázsiában az oligocén folyamán minden idők eddig ismert leghatalmasabb méretű emlősállatait, az *Indricotherium*okat (az amerikai irodalom *Baluchitherium*ok néven említi őket).

Éppen ezekkel kapcsolatban kell Ázsia endemitásaival, helyi fauna-specialitásaival kapcsolatban megkockáztatnunk, hogy ezeket Amerikából eddig nem ismerték, de még előkerülhetnek. Alig néhány éve került napvilágra Jugoszláviában az első európai *Indricotherium*-lelet. Pedig ezekről az állatokról még azt sem mondhatjuk el, amit egyik-másik egér nagyságú kisemlős esetében elmondunk, hogy hiánya egyik vagy másik kontinens faunájából nem tekinthető kétségtelennek. Hiszen megfelelő finom gyűjtési módszerekkel (iszapolás) át nem kutatott területeken gyakran elkerüli a gyűjtők nagyobb csontokra összpontosított figyelmét az apró állatok alig milliméteres fogacskája. Nos, az *Indricotherium* esetében ez az aggály sem foroghatott fenn, mégis csak két évszázad őslénytani gyűjtőmunkája után bukkant elő Európa földjéről a legnagyobb szárazföldi emlős első csontdarabja.

Ázsia oligocénbeli ragadozói Európa megfelelő csoportjaival állnak közeli kap-

csolatban; rágcsálói pedig — amennyire a kevés eddig felfedezett alakból erre következtetni lehet — megoszlanak a két szomszéd földrész közt. Nyúlforma alakjai — az óvilág első valódi nyúlformái — kétségtelenül észak-amerikai kapcsolatról tanúskodnak.

Mindezekből arra következtethetünk, hogy Ázsia centrális részeinek faunafejlődésére mind az európai, mind pedig az észak-amerikai — legalábbis az eocénoligocén határán fennállott — kapcsolat nyomta rá a bélyegét.

Bármily kevéssé ismerjük még Dél- és Délkelet-Ázsia fauna-fejlődését, azt már feltétlenül látjuk, hogy lényeges kérdésekben különbözik Ázsia északibb sávjának fauna-összetételétől. Ennek az eltérésnek önmagában még nem tulajdonítanánk nagyobb jelentőséget. De az a feltűnő, hogy Dél-Ázsia azokban a pontokban tér el lényegesen Ázsia Himalájától északra elterülő törzsétől, amelyekben Afrika oligocénfaunájával szembetűnően megegyezik. Ezek közt a faunáknak elsősorban két sajátságát kell kiemelnünk. Az egyik egy ősi emberszabású majom-csoport megjelenése mind Afrika, mind pedig Dél-Délkelet-Ázsiában; a másik az *Anthracotheriidák* feltűnő változatossága mindkét terület faunájában.

Abból, hogy ez a két emlős-csoport egyetlen *Anthracotheriida*-nemzetség kivételével teljesen hiányzik Észak-Amerikából, minden további nélkül arra következtethetnénk, hogy ezek az óvilág trópusi faunaképébe tartoznak, s mint ilyenek, nem jutottak el az akkori mérsékelt övön keresztül oly magasan északra, hogy a Beringszoros táját elérve átterjedhessenek Észak-Amerikába.

Ennek a gondolatmenetnek ellenbizonyítékaként meg kell említenünk, hogy ugyanekkor az Észak-Amerikából éppúgy, mint Észak-Ázsiából ismert igen változatos *Titanotheriida*-fauna eddig Dél-Ázsiából még nem került elő. De Afrikából sem! A *Titanotheriidák* tehát az emberszabású majmokkal és *Anthracotheriidákkal* szemben e faunák mérsékelt és hidegégövi jellemző alakjait jelentik.

De nem valami misztikus afrikai-indiai őskontinensről van itt szó. Ezt az indiai faunák orrszarvúi, köztük az észak-ázsiai faunákkal közös óriás orrszarvúak *(Indricotherium)* bizonyítják. Afrikából ugyanis nem ismerünk még ebből az időből orrszarvúakat. Ezek csak jó későn, a *Hipparion*-faunákkal jelennek meg ezen a földrészen. Ez pedig mind egyöntetűen azt bizonyítja, hogy Dél-Ázsia faunája csak abban különbözött Észak-Ázsiáétól, hogy a kontinens trópusi faunaképét tükrözte vissza, amelynek természetesen Afrika trópusi faunájával szintén voltak közös vonásai is. Ez utóbbi azért érdekes, mert ebből az időből Európa szárazföldi faunája semmiféle kapcsolatot sem mutat Afrikáéval. Azt viszont még nehéz volna eldönteni, hogy ez csak a klímaöv eltérésének volt-e következménye, vagy tényleges elterjedési gát is csatlakozott hozzá. Mindenesetre valószínűbb, hogy az utóbbi eset az igaz.

Ha most Észak-Amerika szárazföldi faunaképét vesszük szemügyre gazdag emlősfaunái tükrében, akkor elsősorban azt kell leszögeznünk, hogy míg bizonyos vonatkozásokban alig látunk lényeges különbséget az északi Ó- és Újvilág faunaösszetétele közt, addig más tekintetben feltűnő és alapvető fontosságú eltérések mutathatók ki Észak-Amerika és Eurázsia fauna-képei között.

Természetesen soha sem szabad elfelejtenünk, hogy Észak-Amerika és Eurázsia faunáihoz Európa fauna-összetétele áll viszonylag a legmesszebb, Ázsia pedig természetesen a kettő közt középen helyezkedvén el, faunájában is a két véglet között áll s hol Amerikának, hol Európának a faunája felé közeledik inkább.

Észak-Amerika faunájának számos rovarevő-, ragadozó-, rágcsáló- és patásállatcsoportja van, amelyek az Óvilágban még nyomokban sem lelhetők fel, ami az összekötő szárazföldi híd, a Bering-szoros környékének igen északi helyzete miatt nagyon is érthető. Hiszen egy ilyen hideg égövi híd a fauna kicserélődésében klimatikus

rostaként működik. Csak azokat az elemeket cseréli ki, amelyek elviselik a hideg éghajlatot, illetve elterjedési övük ilyen északra nyúlik föl. Minden más alak képtelen a Beringen keresztül a terjeszkedésre, szükségképpen tehát hiányzik a másik kontinensről. Így tehát ezek a csoportok nem annyira a kontinensek fauna-történeti kapcsolataira, mint inkább elterjedésük klímaviszonyaira jellemzők. De jellemző a faunatörténet szempontjából a mindkét oldalon megtalálható állatcsoportok elterjedése, virágzása vagy visszahúzódása, vagyis az összfaunában játszott szerepe is.

Ebben a tekintetben különösen a patásállatok esetében tapasztalunk lényeges eltéréseket. Ezeket jórészt már említettük Észak-Ázsia faunájának vázolásakor, ezért itt csak egészen röviden emlékeztetünk erre.

Az észak-amerikai oligocén-faunának valamennyi közt legfeltűnőbb „egyéni" sajátsága a lófélék, és mellettük a *Titanotherium*ok és orrszarvúak változatos együttesinek uralkodó szerepe. Mellettük a párosujjúakat inkább a kihalásra ítélt *Elotheriidák* és *Merycoidodontidák* képviselik. A fejlettebb párosujjúak közül itt csak a későbbi tevefélék ősi alakjait említjük. Ezekhez csatlakozik a „földihódok" és más, Eurázsiából hiányzó rágcsáló-családok sora, valamint a valódi rovarevők ritkasága és formaszegénysége.

Mindebből lassanként egy igen érdekes tanulság bontakozik ki. Nevezetesen az oligocénkori állatföldrajzi képnek a maival való meglepő párhuzama. Ez nem azt jelenti, hogy a kettő közt bármiféle belső kapcsolat volna, hanem azt, hogy nagy vonásokban ugyanaz a két fő alakító erő formálta mindkét faunát, ami azután meglepően hasonló eredményekre vezetett.

Nézzük meg egy kissé közelebbről, miben áll ez a párhuzam?

Először is mindkét időszakban ugyanaz a tényező segítette elő egy európai—észak-ázsiai—észak-amerikai nagy faunabirodalom kialakulását. Ez a tényező a Bering-szoros környékének időnként szárazra kerülő és faunakicserélődési hídként jelentkező területsávja.

A másik tényező az Eurázsia és — részben ehhez csatlakozva — Afrika területén kialakult meleg égövi faunabirodalom elkülönülése az északi kontinens-sáv mérsékelt és hideg égövi (ős-holarktikus) faunisztikai nagyegységétől.

A kettő kombinációja eredményezte azután, hogy az oligocénbeli fauna-fejlődés egyrészt az egyes kontinensek faunáinak észak-déli tagolódását, másrészt a Beringszoroson keresztül lezajló kicserélődését jelentette, amely utóbbiban azonban a trópusi és mérsékelt, illetve hideg övi faunazónák fokozodó szétválása következtében a kicserélődést mindinkább a nemtrópusi fauna-elemekre korlátozta. Nos: pontosan ugyanezt tapasztaljuk a mai, valamint a megelőző jégkorszak végi fauna-fejlődésben is. Kialakul egy holarktikus faunaegység, amelynek éppen a legészakibb elemei állnak a legszorosabb interkontinentális kapcsolatban egymással. A mérsékelt öviek kapcsolata már korlátozottabb és távolibb rokonságot mutat. A trópusi elemek endemikusak maradnak, feltéve, hogy nem korábbi holarktikus elterjedésű, ezért csak később, a mai trópus egyik-másik elszigetelt elterjedési foltjára visszahúzódott csoportokról van szó (tapírok, tevék stb.).

Gyakorlatilag ettől a fauna-fejlődéstől mint valami idegen világ, szinte légmentesen elzárva bontakozik ki Dél-Amerika sajátságos faunája, saját ősi gerinceseinek továbbfejlődése révén, amelyet a patagóniai Deseado-faunákból elég kimerítően ismerünk.

E faunák egyik feltűnő sajátsága, hogy néhány paleocén-típusú erszényestől eltekintve *(Polydolops)* gyakorlatilag valamennyi eocénbeli csoport töretlenül jut át az oligocénbe, illeve életerős fejlődési ágakkal járul hozzá a kor faunisztikai képének kialakulásához.

Fokozódó vitalitással bontakoznak ki az erszényes ragadozók új típusai, amelyeknek legnagyobb alakjai már a barlangi medve-méretet is elérik. A foghíjasok még mindig mellék-alakjai a fauna-együttesnek, bár fokozódó változatosságuk — későbbi virágzásuk előhírnöke.

Az emlős-fauna törzsét Dél-Amerika jellegzetes patásállat rendjei adják. Az oligocénben a legtöbb család változatosságban és méretben fejlődése csúcsára érkezett. Megjelennek és rohamos fejlődésnek indulnak a magas oszlopfogú alakok, ami a fűevésre való specializálódás biztos jele.

És miközben Dél-Amerika patásállat-csoportjainak soraiból a füves-pusztai alakok tömege fejlődik ki, — hirtelen, minden előzmény nélkül és váratlanul felbukkannak az oligocénben e terület rágcsálói, mégpedig rögtön nagy változatosságban, de kivétel nélkül az oszlopos fogazat-fejlődés kisebb-nagyobb fokát elérő *Hystricomorpha* formákkal. Ez a tény újabb meglepetés, mert éppen a Dél-Amerikában feltűnt *Hystricomorphák* azok a rágcsálók, melyeket nem származtathatunk északamerikai eocén — alsó oligocén rágcsáló típusokból. Így tehát még azt sem tudjuk elképzelni, honnan áramlott be Dél-Amerikába ez a változatos, de egyetlen élesen körülhatárolt csoportra korlátozódott rágcsáló-típus. Ma már hajlandók volnának a kutatók ezt a faunát Afrikából is származtatni. De mint maguk is bevallják, az „átvándorlás" kérdése egyelőre megoldathatatlan problémát jelent. Pedig csakis kívülről jöhetett a rágcsálók e hulláma, mert Dél-Amerika régebbi faunáit ahhoz már túlontúl jól ismerjük, hogy egy teljes rágcsáló-fauna abban mindmáig elkerülhesse a kutatók figyelmét. Ez a bevándorlás annál is érdekesebb, hogy az egész dél-amerikai helyi fauna-együttesben más bevándorlást az oligocénben nem mutathatunk ki. A többi faunaelem — nehézkes, sokféle patásával, elefánt méretű és alakú *Pyrotherium*aival, hatalmas erszényes ragadozóival és sok más bizarr formájával — kivétel nélkül ősi paleocén—eocénkori helyi fejlődés eredménye.

Ugyanekkor Ausztrália és a környező szigetek szárazföldi állatainak történetét teljes homály fedi.

A *Titanotherium*okkal, *Indricotherium*okkal, és mélyen az óharmadkorban gyökerező fejlődés többi óriásával együtt szállt sírba az oligocén végének hatalmas füves pusztákkal borított, kiterjedt szárazföldjének jó része, hogy helyet adjon az újharmadkor első szakaszát, a miocént annyira jellemző helyi tenger-elöntésnek, elmocsarasodó térszínnek, szénképző lápvilágnak és ezek teljesen megváltozott faunájának.

Afrika meghódítja a világot

Megszoktuk, hogy a nagy földtani időszakok határát fauna-katasztrófákkal, az addig virágzott faunák legjellemzőbb elemeinek vagy uralkodó alakjainak hirtelen eltűnésével, egycsapásra következő kihalásával támasszuk alá. Ezen a ponton azonban egyet nem szabad elfelejtenünk. Tudniillik azt, hogy a nagy földtörténeti események mellett *az élet története csak kísérő tünet volt*, csak következmény! Hiszen ilyenkor a földtörténeti változás az érintett fauna életterében megfelelő hatású változásokat idézett elő, amennyiben ez a változás úgy átalakította a szóban forgó elterjedési terület földfelszíni, éghajlati, növényzeti stb. viszonyait, hogy arra az élővilág megfelelő változással kénytelen volt reagálni.

Talán példák felsorolása nélkül is magától értetődő, hogy a földtörténeti változások faunisztikai következményei nem arányosak egymással. Ez különösen a szá-

razföldi faunákra érvényes, amelyre annyi helyi hatás nyomhatja rá a bélyegét — mégpedig faunisztikailag jól észrevehetően —, hogy ezek közt a földtörténeti változások valósággal elsikkadnak.

Ilyen körülmények közt külön szerencsés esetnek vehetjük az olyanféle egybeesést, mint az ó- és újharmadkor, az oligocén-miocén észlelhető földtörténeti, valamint a szárazföld életföldrajzi és fauna-történeti határának éles és határozott nyomait.

A miocén európai szempontból legjelentősebb földtörténeti eseménye az volt, hogy kialakult az ős-Földközi-tenger *(Tethys)* nyugati felét a Fekete-tengerrel — a Lyoni öblön, az Alpok északi peremének síkján, Felső- és Alsó-Ausztrián, a Magyar-medencén, a Román-medencén át — összekötő „Mellék-Földközi-tenger", az ún. *Paratethys.* Ezzel együtt járt az oligocén végi általános tengervisszahúzódás, majd a miocénben következő sekélyvízi, de nagy területekre kiterjedő új tenger-elöntés és az ezt kísérő elmocsarasodás. Mindezekkel szorosan összefüggött az éghajlat általánosan kiegyenlítettebb volta, tengeribb jellege.

Azt természetesen nem kell bővebben bizonyítgatnunk, hogy a szárazföldek felszíni viszonyainak ilyen méretű változása hatással volt az élővilág alakulására is. Ez azután még fokozottan elősegítette a fauna amúgy is mélyreható átalakulását.

De ne vágjunk az események elé.

Ismét csak Európa szárazföldi fauna-összetételének oligocén utáni alakulását követve nyomon, első pillantásra talán zavarólag hat, hogy a miocén folyamán nem olyan egységes a fauna-jellege, mint régebben volt. Itt három fő típussal találkozunk. Egy idősebb nedves- erdei, egy fiatalabb nedves- erdei, és egy száraz-erdei — szavanna típus követik egymást. Különbségeik számottevők.

Két fontos jellemvonásban mégis szoros egységbe kapcsolódva jellemzik a miocén időszak fauna-típusát. Az egyik az óharmadkori fauna-elemek feltűnő visszahúzódása és eltűnése; a másik az afrikai fauna addig sem Európából, sem Ázsiából vagy Észak-Amerikából nem ismert néhány jellegzetes elemének hirtelen beözönlése az európai, az ázsiai, illetve az észak-amerikai fauna-térségbe, ami e faunák gyökeres átalakulását eredményezi.

Az oligocén vége felé az európai emlős-faunát még igen sok igazi paleocén elem gyakorisága, vagy legalábbis állandó felújulása jellemzi. Ezek közt talán a legjellegzetesebbek az utolsó óvilági erszényesek, a *Peratherium*-opusszumok. Mellettük az oligocén emlős-faunáknak mind változatosságuk, mind tömeges kialakulásuk révén jellemző alakjai az *Anthracotheriidák*, hogy a többi párosujjú-csoport oligocénbeli, ősi szabású nemzetségeit ne is említsük. Ezek mellett ott vannak az *Elotheriidák* disznószerű családjának képviselői, legfőképpen pedig számos *Creodonta*-ősragadozó, a feltörő valódi ragadozók családjai és nemzetségei mellett.

A miocén alsó tagjában, a burdigalai emelet idején mindezek eltűnnek. Nyoma sincs az erszényeseknek, gyakorlatilag kipusztulnak a *Creodonták* és az *Elotheriida* ősdisznók. Az *Anthracotheriidák* családjai pedig (az egyetlen *Brachyodus* nemzetség egy faja kivételével) felső oligocén virágzása után érthetetlen hirtelenséggel kipusztulnak az európai faunából.

Az oligocén-faunából kisarjadt családok közül a szarvasfélék, a disznófélék, a ragadozók közül az *Amphicyonidák*, a menyétfélék, a cibetmacskafélék (helyesebben: az ősi hiénafélék) és macskafélék lendülnek föl feltűnően. A rágcsálók közül eltűnnek az oligocénben specializálódott oszloposfogú fűevő-típusok, kivéve az új jövevény fütytyentőnyulakat *(Ochotonida)* és a gyorsan kibontakozó hódféléket.

Mindezeket a változásokat fontosságban magasan felülmúlják bizonyos átalakulások, amelyek arra engednek következtetni, hogy Afrika — igen hosszú idő után

először — újra kapcsolatba került Európával illetve a többi kontinenssel. Abból következtetünk erre, hogy az addig minden kétséget kizáróan csak Afrikában élt ormányosok hirtelen felbukkannak Európában, Ázsiában, valamint a felső miocéntől Észak-Amerikában, sőt a pleisztocén elejétől kezdve már Dél-Amerikában is.

Európába az ormányosok a gumósfogú ún. *Mastodon*ok két nemzetségével, valamint a „kapafogú" *Deinotherium*okkal érkeztek a miocén legelején, és innen gyorsan továbbterjedtek a *Deinotherium*ok Indiába. A *Mastodon*-félék azonban gyakorlatilag egész Ázsiában szétszéledtek, majd egyes nemzetségeik a felső miocénben Észak-Amerikát is elérték, ahonnan — mint említettük — a pleisztocén kezdetére Dél-Amerikát is meghódították.

Miközben az ormányosok hullámai elözönlötték Európát, és Ázsiát, ugyanakkor — szintén Afrikából — emberszabású majmok (*Dryopithecus, Pliopithecus*) terjedtek át Európába és Dél-Ázsiába. Észak-Amerika felől megjelentek Észak-Ázsiában, majd Európában is a lovak egy új, fejlettebb hullámának képviselői, az *Anchitherium*ok, a mi fogalmaink szerint még mindig kissé nehézkes, háromujjú erdei lófélék.

Mindezeken túlmenően azonban a faunák összetételét messzemenően befolyásolták a fizikai földrajzi tényezők, vagyis a nedves meleg klíma előtérbe nyomulása a kontinentális száraz éghajlattal szemben, valamint ennek következtében a kiterjedt elmocsarasodás. Ez különösen a patásokon vehető észre. A már többször említett ormányos-invázió mellett a tapírok elszaporodása, a disznófélék tömegei, a kancsil- és szarvasfélék gyakorisága egyöntetűen ezt jelzi. De ezt igazolják a rágcsálók is, túlnyomóan erdei alakjaikkal, mindenütt gyakori hódféléikkel.

Ugyanekkor a madárvilág kihalt képviselői közt a gazdag lúd- és kacsaféle társaság, sokféle gázló, gólya, flamingó, a hüllők közt pedig a krokodilusok, és főleg a mocsári *Trionyx*-teknősök széles elterjedése még jobban aláhúzza az emlősvilág vizsgálatából adódó képet.

Ez a faunajelleg nem kíséri végig az egész miocént. Ahogy a felső miocén felé közeledünk, úgy válik az együttes jellege száraz-erdeivé, ahol az erdőket mind gyakrabban váltják fel füves puszták. Természetesen a száraz erdei jelleg fokozatos elszavannásodása további eltolódásokat eredményez a fauna összetételében. Ezek lassanként oda vezetnek, hogy a miocén végére a fauna nedves-erdei elemei szinte teljesen eltűnnek, és a három ujjú őslófélék, az *Anchitheriumok*, majd a szarvasok mellett mindinkább előtérbe nyomulnak az antilopok, az orrszarvúak és más, több-kevesebb valószínűséggel a nyílt füves területek lakójának tekinthető patások. Velük együtt terjednek el a rágcsálók közt a hörcsögök, a ragadozók köréből pedig jó egynéhány ugyanilyen környezetre utaló *Amphicyonida*, hiénaféle és menyétféle.

Ezt az elég jól ismert és rekonstruálható európai faunát nehezen hasonlíthatjuk össze a szomszédos földrészek miocén időszaki faunájának fejlődésével. Ez főleg Afrikára érvényes. Tulajdonképpen furcsán hat, hogy éppen az afrikai fauna miocén folyamán lezajlott eseményeiről gyakorlatilag alig tudunk valamit, pedig hatásait a szó szoros értelmében a világ másik végéig — Patagóniáig — követhetjük.

Az afrikai miocénkori szárazföldi fauna összetételét egyrészt az Eurázsiába átterjedt elemekből, másrészt az Egyiptom és Kelet-Afrika néhány gazdagabb előfordulásának adataiból vázlatosan ismerjük.

Ezekből nagy vonásokban az európai faunától főleg trópusi jellegeiben különböző állattársaság rajzolódik ki, természetesen néhány speciális helyi csoport jellemző vagy éppenséggel uralkodó volta mellett.

Sajnos, Afrika apróemlős-összetételéről ebből a korból gyakorlatilag semmit sem tudunk, így az állatföldrajzi és faunatörténeti szempontból nem annyira érzékeny

nagyemlősök adataira vagyunk utalva. Ezek szerint Afrika rovarevő-faunája a miocénnek Európából ismert típusai mellett már a mai jellegzetes összetétel előhírnökeit szolgáltatja. Ugyanez áll a rágcsálókra is. A ragadozó-fauna csak néhány, Európából már hiányzó *Creodonta*-típus révén üt el az egykorú európai területekétől. Patásállat-faunájában pedig természetesen uralkodnak az ormányos- és szirtiborz-elemek. Az utóbbiak azonban már egyáltalában nem mutatják az óharmadkori változatosságot, és akkori óriásaik is hiányoznak. Tehát ebben is a mai kép felé közelednek. Ezek mellett ott vannak még az *Anthracotheriidák*, amelyek továbbélése az óharmadkor után a trópusi faunákban, különösen Dél-Ázsiában mutatkozik feltűnően, bár Afrika faunájának is jellemzője. Orrszarvúak, disznófélék, sőt a kérődzők egyik-másik kezdetleges típusa is felbukkan itt, ha nem is oly változatosságban, mint Európa faunájában. Viszont teljességgel hiányoznak a lófélék (*Anchitherium*). Úgy látszik, hogy ezek szigorúan ragaszkodnak a mérsékelt övi éghajlathoz. Mindezeket természetesen az európainál sokkal változatosabb emberszabású majom-együttes, sőt egyéb majmok és félmajmok is kíséri.

Igen érdekes és igazán fontos volna tudni, hogy az Afrikából kimutatott, európainak ismert miocéni ősemlős-típusok közül hány vándorolt be egyidejűleg az ormányosok és emberszabású majmok Afrikából történt északi és északkeleti irányú kirajzása idején, a miocén elején létrejött „hídon" át Afrikába.

Nem könnyebb, sőt sokkal nehezebb a helyzetünk, amikor Dél-Ázsia szárazföldi faunájának kialakulását és kapcsolatait igyekszünk tisztázni. Ez érthető, ha meggondoljuk, hogy Dél-Ázsia miocénkori szárazföldi fauna-adatok tekintetében aránytalanul szegényebb, mint Afrika. Ez indokolja azt az eljárásunkat, hogy részletes egybevetés helyett megelégszünk néhány utalással, amelyek a kapcsolatok és összefüggések feltételezhető irányát jelzik.

Azon kell kezdenünk, hogy a fauna — az oligocén hagyatékaként — erősen magán viseli egy ázsiai faunajelleg kétségtelen nyomait. Ide sorolhatjuk a miocénbe átnyúló óriás-orrszarvúak (*Indricotherium*) és egyéb ázsiai — észak-amerikai orrszarvúcsoportok (*Metamynodon*, *Indotherium*) színre lépését.

Ennél az ázsiai örökségnél sokkal feltűnőbb és sokrétűbb az a kapcsolat, amelyet a miocén elejétől Afrika és Dél-Ázsia közt tapasztalhatunk. Erre az időre esik az ormányosok (*Mastodon*ok és *Deinotherium*ok) beözönlése Dél-Ázsiába afrikai eredeti hazájukból, de ugyanekkor jöhettek át erre a földrészre a változatos afrikai emberszabású majmok különböző típusai is. Az emberszabású majmok vagy valóban Afrikából terjedtek át Dél-Ázsiába a miocén folyamán, vagy ősi dél-ázsiai emberszabású majom-törzs ott helyben kialakult leszármazottai. Végül az sincs kizárva, hogy az Európába átkerült afrikai csoport terjeszkedett később Ázsiába. De ha már felvetettük az afrikai elemek közvetett indiai bevándorlásának lehetőségét (Európán át), akkor az ormányosok esetére vonatkoztatva is ugyanezt kell mondani. Egyetlen olyan afrikai állattípust sem ismerünk Dél-Ázsia miocénkori rétegeiből, amelyről nyugodt lelkiismerettel elmondhatnánk, hogy Afrikának és Dél-Ázsiának Európába el nem jutott közös alakja.

Talán első pillanatra fölöslegesnek tűnik, hogy annyit foglalkozunk azzal a kérdéssel, vajon Dél-Ázsiába Afrikából közvetlenül, vagy Európa közvetítésével jutottak-e el ezek a kétségtelenül afrikai eredetű elemek. De éppen a következő időszakok fauna-származási elemzései fogják megmutatni, hogy milyen döntő jelentőségű ez a kérdés az óvilági trópusi faunák mai képének kialakulása szempontjából. Álljon itt példaképpen a földimalac esete.

Mint említettük, a foghíjasok valaha egységesnek hitt rendjét három, egymástól független rendre bontjuk. Az egyik a valódi foghíjasok (lajhárok-hangyászok-tatuk)

amerikai ága, a másik a tobzosok dél-ázsiai vonala, a harmadik pedig a földimalacok (*Tubulidentata: Orycteropus*) *kizárólagosan afrikai* vonala.

Amikor „kizárólagosan" afrikainak mondjuk a földimalacokat, akkor készakarva hangsúlyozni akarjuk, hogy ez a kizárólagosság az, ami a történeti szemléletben teljesen hamisnak fog bizonyulni. Ugyanis kiderül, hogy bár az afrikai középső és felső miocénből ismerünk a legutóbbi évek óta egy *Tubulidentata*-őst, de ez után az idő után megint nyoma veszett ezen a kontinensen és csak az indiai és dél-európai pliocéni maradványok előfordulásai hidalják át a majdnem 20 millió éves űrt. Így tehát szó sem lehet „kizárólag afrikai" elterjedésről.

Mármost: mire következtethetünk ebből a kissé sovány adat-anyagból? Föl sem soroljuk valamennyi eshetőséget, csak a legkézenfekvőbbeket említjük meg a következőkben.

1. Az afrikai őshonos földimalacfélék — mint trópusi elemek — az ormányosokkal egy időben Indiáig eljutottak, északabbra azonban nem terjedtek el. Később, csak a Hipparion-faunák idejében érték el Dél-Európát — Afrika, vagy Dél-Ázsia felől. Miután ebben az időben bizonyítottan egyetlen fauna-elem sem jutott el Afrikából Európába, így ebben az esetben is több a lehetősége a dél-ázsiai bevándorlásnak.

2. Az itt is őseredeti afrikai fauna-elemnek tekintett földimalac a *Hipparion*ok Észak-Amerikából kiindult és Ázsián át történt hatalmas európai — afrikai betörésével egy időben, de ellentétes irányban végbement terjeszkedéssel jutott el Dél-Ázsiába meg Dél-Európába. Igen, de ebben az esetben két dolgot figyelmen kívül hagytunk. Az egyik, hogy a pliocéneleji *Hipparion*-invázió Afrikából csak az Atlasz-sávot tudta meghódítani. A tulajdonképpeni Afrikában a pleisztocén eleje előtti időkből a *Hipparion*ok teljesen ismeretlenek. Márpedig ahol ennek a lófélének csak egyetlen faja is megjelent, ott a fauna rögtön uralkodó tagjaként, óriási példányszámban találjuk. Hiánya a transz-szaharai Afrikában egyben azt is jelenti, hogy a *Hipparion*-hullám nem jutott el Afrika földjére. Szükségképpen tehát ellenirányú faunaterjeszkedés még kevésbé elképzelhető ezen az úton. A másik akadály a földimalacok eddigiek szerinti hiánya Afrika területéről a pleisztocénig, amikor viszont mind a *Hipparion*, mind pedig a mai lófélék (ló, zebra, szamár) hatalmas tömegekben lepték el Afrikát északkelet felől.

3. Akár azért, mert a miocén után eredeti afrikai elterjedési területükön kipusztultak, akár mert dél-ázsiai eredetűek és a miocénben is innen jutott el Afrikába egy (utóbb itt kipusztult) képviselőjük, — a földimalacok a pleisztocén elejei *Equida*-hullámmal egy időben Dél-Ázsia felől jutottak el Afrikába, ahol ma kizárólagosan élnek, miután Európában és Dél-Ázsiában a pliocén vége előtt kipusztultak.

A földimalac esete egy a sok, még megoldásra váró kérdés közül. Mindenesetre az utóbbi évtizedek rohamosan szaporodó afrikai leletei arra engednek következtetni, hogy belátható időn belül ezekre is kielégítő magyarázattal szolgálhat a tudomány.

Ez a bizakodásunk hiányzik, amikor Dél-Ázsia miocénkori szárazföldjének élettörténeti adatait rakjuk össze. Az egy évszázaddal ezelőtt megindult és a századforduló után is még egy ideig tartó kutatási fellendülést az utóbbi időben teljes tespedés váltotta fel. Így csak a régibb adatokra támaszkodhatunk, míg a felmerülő kérdésekre korszerű, új vizsgálati eredmények hiányában a legtöbb esetben nem is várhatunk kielégítő választ.

Legjobb helyzetben Észak- és Kelet-Ázsia hatalmas területét vehetjük bonckés alá. Itt különösen Belső-Ázsia és újabban Mongólia, valamint Belső-Kína és Tibet azok a területek, amelyek értékesnél-értékesebb új adatokat szolgáltatnak. Kiderült, hogy egész Észak- és Kelet-Ázsia miocénkori emlősfaunája (mert hiszen csak ezt ismerjük annyira, hogy Európa és Észak-Amerika klasszikus faunáival összevessük)

nem tükrözi vissza földrajzi helyzetét. Európa és Észak-Amerika közti helyzetéből ugyanis arra kellene következtetnünk, hogy állatvilága valamiféle középhelyet foglal el e két földrész faunái közt. Viszont ennek semmi nyomát sem találjuk. Ezzel szemben azt tapasztalhatjuk, hogy szoros kapcsolatban áll az európai faunával, s ettől csak jellegzetes belső-ázsiai elemei különböztetik meg, nem pedig észak-amerikai bevándorlói.

Ezzel természetesen nem azt kívánjuk hangoztatni, hogy Észak- és Kelet-Ázsia miocén-faunája nélkülözi az észak-amerikai bevándorlókat, hanem azt, hogy ezek — jelentéktelen kivételektől eltekintve — éppúgy eljutottak Európába is, mint az Afrikából Ázsián át Észak-Amerikába benyomult ormányosok!

Ami Észak-Ázsiát mégis elválasztja Európa azonos korú faunáitól, az — a mindkét földrészen közös állat-csoportok eltérő nemzetségein és fajain kívül — főleg mindinkább kialakuló hegyvidéki fauna-jellege. Ez különösen a miocént követő pliocénben bontakozik ki a maga teljességében, rányomva bélyegét Kis-Ázsiáig a helyi faunákra.

Ha nem is közelíti meg Európa és Észak-Ázsia nagyfokú faunisztikai párhuzamát, a korábbi időszakokhoz képest feltűnő sok párhuzamot, sőt rokonvonást találunk az európai és észak-amerikai miocén-faunák között.

Mint már az oligocénben, itt is mindinkább előtérbe nyomul és fokozottan érvényesül a két kontinens faunájában a trópusi jellegű elemek kölcsönös hiánya, illetve a mérsékelt és hideg égövi csoportok kölcsönös kicserélődése.

Így elsősorban teljességgel hiányoznak Észak-Amerika faunájából az óvilágban Nyugat-Európától Kelet-Kínáig, tehát a melegebb égövben mindenütt felfedezett emberszabású majmok. Miután pedig az oligocén folyamán eltűntek Észak-Amerika területéről a félmajmok is, így a miocénben már semmiféle majom nem maradt itt.

A rovarevők jellegzetes típusaiból — érthető okokból — az oligocéni rokon csoportokból mindkét faunabirodalomban mindinkább kialakultak a jellegzetes helyi típusok. Ezek azonban sokkal kevésbé alkalmasak arra, hogy földrészek közötti nagy terjeszkedésekben vegyenek részt.

Már több a közös vonás a két távoli terület rágcsáló-faunái között. Különösen a nyúlformák mutatnak közelebbi kapcsolatot az Óceán két oldalán, bár a hörcsögfélék kapcsolatai is elég közeliek lehettek, s egy-két típusuk a Bering-szoroson át való terjeszkedés „gyanújába" is esik.

Kölcsönös terjeszkedés szempontjából sokkal mozgalmasabb képet nyújtanak a ragadozók, de még ezeket is lefőzik a patások.

Az előbbiek közül a *Creodonták* nem érik meg a miocént. A valódi ragadozók közül az igazi kutyafélék fejlődése teljes változatosságában virágzik, noha Európába ebben a korszakban még egyetlen fajuk sem jut el, sőt a felsőpliocénig sem mutatkoznak. Itt vannak továbbá az európai álmedvék első bevándorolt típusai, a *Hemicyonok*. A menyétfélék változatos társasága alig különbözik európai rokonságától. Ezzel szemben új színt kölcsönöznek az észak-amerikai faunának a mosómedvefélék első képviselői. Ezzel a végig észak-amerikai, illetve később általában amerikai speciális állattársasággal szemben ismeretlen marad az amerikai faunában az óvilági trópusi jellegű cibetmacskák családja, és gyakorlatilag ugyanezt mondhatjuk a közvetlenül belőlük kiágazott hiénafélékről is. Végül megfelelő, közeli rokon alakokkal képviselt család Észak-Amerikában a macskafélék változatos társasága — a különböző kardfogú tigrisekkel, és a valódi macskafélék őseinek tekinthető alakokkal.

Az *Indricotherium*hoz hasonló speciális ázsiai típusoktól eltekintve nagyjából ugyanazok a csoportok képviselik Észak-Amerikában is a orrszarvúakat, a hatalmas ásókarmú „patásállatokat" (*Chalicotherium*okat), bizonyos tekintetben pedig a miocén magasabb részétől kezdve a *Mastodon*okat is.

Nem mondhatjuk el ugyanezt a lovakról. Ugyanis amíg az óvilág mérsékelt-övi részeiben észak-amerikai bevándorló, a háromujjú ősló (*Anchitherium*) képviseli ezt a családot, addig Észak-Amerikában a család nagy fajgazdagságban, több nemzetségben uralja a hatalmas szárazföldi térségeket. Azt mondhatjuk, valóságos „lófaunát" alkottak — a többi fauna-elemet háttérbe szorító egyedszámukkal.

Amíg tehát a páratlanujjúak és ormányosok összetételében kisebb, vagy inkább számszerű megoszlásbeli különbségek mutatkoztak a két világrész között, addig az óvilági és észak-amerikai párosujjú fauna között igen lényeges különbségeket láthatunk. Például az óvilági disznófélék Amerikából teljesen hiányoznak, s helyüket itt az újvilágban a pekarifélék foglalják el. Folytatódik és egyben csúcspontját éri el a faunakialakulás az óvilági szarvas- és antilopfélék teljes hiányával, s helyettük Észak-Amerikában igen változatos fajszámban találhatók a tevefélék és az *Oreodontidák*. Ezek viszont teljesen hiányoznak az óvilági faunákból.

Éles ellentétben Észak-Amerikával — Dél-Amerika továbbra is a teljes elzárkózással és kizárólag belső fejlődésével tűnik ki. Ebben az időben a Santa Cruz formáció faunái jó bepillantást engednek ennek az elszigetelt „világnak" az életébe.

Az oligocénkori erszényes ragadozók életerős törzsekkel mennek át a miocénbe. Ugyanezt látjuk Dél-Amerika rejtélyes eredetű rágcsáló-csoportja, a sül-szerű alakok esetében. Változatosan fejlődik tovább a kontinens jellegzetes foghíjas-faunája, amelyben már szép számmal vannak a tatufélék mellett hangyászok, s különböző fán lakó és földi lajhárok is. Óriás formáik azonban csak később fejlődnek ki.

„Ellenroham" Észak- Amerikából

A miocén végén az európai földrész képe jelentősen megváltozott. A miocén folyamán ugyanis még a Rhône-medencétől az Alpok északi lejtői mentén a Bécsimedencéig, majd ezen keresztül a Magyar-medencébe, illetve a Kárpátok külső peremén, Galícián és Moldván át a Fekete-tengerig nyúló tenger-rendszer ekkorra már több zárt tóra szakadt. Ezek az önállóvá vált tengerrészek azután kiédesedtek. Egy részük még az alsó pliocénben, mások később, de a jégkorszak elején utolsó maradványuk is feltöltődött.

Ennek a mellék-Földközi-tengernek, az úgynevezett *Paratethys*-nek a feldarabolása és fokozatos eltűnése messzemenően befolyásolta a környező területek fizikaiföldrajzi viszonyait, többek között az éghajlatát. A földközi-tengeri meleg éghajlatot, esős-párás erdőségeit és mocsárvidékeit lassanként kiterjedt szárazföldek, belsőszárazföldi, szélsőségesebb éghajlat, füves puszták váltották fel.

Ez a belső-kontinentális, füves pusztai klíma azután Kelet-Ázsiától Nyugat-Európáig többé-kevésbé összefüggő sztyepp övezetet hozott létre.

Nem ismerjük eléggé Északkelet-Ázsia és Északnyugat-Amerika földtaniősföldrajzi viszonyait. Egyet azonban tudunk: Észak-Amerika és az Óvilág között — ha nem is az érintett fajok számában, de annál inkább a szóbajövő alakok tömegét és terjeszkedő képességét illetően — talán a földtörténet legnagyobb méretű faunakicserélődése folyt le ebben az időben. A gigászi méretű kétoldali fauna-terjeszkedésnek pedig csak egy útja volt: Alaszka és a Csukcs-föld közt, a Bering-szoroson keresztül.

De hiszen gyakorlatilag csupa szárazföldi állatról van itt szó! Hogyan jutottak át ezek a Bering-szoros 50—60 m mélységű, 80 km-nyi széles tengersávján?

Sehogy!

A jégkorszak folyamán 200 m-es tengerszint-ingadozások is voltak. Ezt a szárazföldi jégtömeg képződése, illetve olvadása folytán az óceánokban bekövetkező vízmennyiség-ingadozás okozta. A pliocén idején a Bering-szoros szárazfölddé válása már ennek a mennyiségnek a negyedrészétől is bekövetkezhetett. A szárazföldi híd tehát akár ezért, akár a földkéreg felemelkedése következtében jöhetett létre.

Mielőtt arról beszélnénk, hogy milyen állatcsoportok jutottak át Amerikából Ázsiába és Európába a miocén-pliocén határán, sőt valamivel később Afrikába is, nézzünk körül, mi maradt meg, illetve mi tűnt el a miocén jellemző fauna-elemeiből.

Még nem is olyan régen igen könnyű volt a válasz erre a kérdésre. Ma azonban, amióta sorra megismerjük az erdei jellegű *Hipparion*-faunákat, tehát az alsó pliocén jellegzetes háromujjú lovaival jellemzett állattársaságok erdei együtteseit, azóta úgyszólván teljesen eltűnik a miocén- és pliocén-faunák közti éles határ. Elmondhatjuk, hogy ha nem is változatlan formában, de testben megnagyobbodott, fejlettebb formában bizony gyakorlatilag minden miocénbeli alak előbb-utóbb felbukkan a pliocénben is.

Ezek a miocénből átjött alakok azonban egy dologban nem hasonlíthatók össze miocénkori őseikkel: amíg az ősök a miocénben úgyszólván egyeduralkodói voltak koruk állatvilágának, addig az ezt követő pliocén első felében már csak jelentéktelen számú kísérői vagy helyi elszigetelődött csoportokra korlátozott ritkaságai a faunáknak. Ha fajszámukat nézzük, ezek teszik ki a fauna zömét, különösen ha hozzájuk számítjuk a ragadozókat, amelyek közt a pliocén alig hoz idegen alakot, vagyis bevándorlónak tekinthető új típust.

Így ebben a korban a viszonylag kevéssé ismert rovarevők és denevérek a felső miocéni típusok leszármazottai. A rágcsálók közül az alig ismert mókusfélék helyi ősökből vezethetők le. Ugyanez a helyzet a hódfélékkel, sőt egy alakjuk, a *Dipoides* európai-ázsiai elterjedési területéről jutott el ebben az időben Észak-Amerikába. A faunákban óvilágiak a hörcsögfélék. Ezzel szemben teljesen új elemek az alsó pliocénben Európa valódi egérféléi. Ezek most jelentkeznek először a földtörténet során. Ma még nem tudjuk, hogy honnan kerültek hozzánk, legfeljebb arra következtethetünk, hogy dél-ázsiai eredetűek — legalább is emellett szól mai, zömmel dél-ázsiai elterjedésük és az a tény, hogy Észak-Amerikát sohasem érték el.

A *Hipparion*-faunák rágcsálóinak talán egyik legérdekesebb alakja a tarajos sülök képviselője. E faunákkal bukkan fel először Európában, de Ázsiában is a *Hystrix* nemzetség és legközelebbi rokonai, melyeknek külön érdekességet kölcsönöz az a tény, hogy Észak-Amerika felől kapta az Óvilág.

Bizonytalan emberszabású majom-maradványok mellett — amelyek azonban talán téves korhatározásúak — a pliocén már csak az indiai hulmánok rokonságába tartozó *Mesopithecus* majom-nemzetség maradványait őrzi Európából. Indiában változatlan gazdagságban élnek az emberszabású majmok, köztük az ember eredete szempontjából nagyfontosságú, igen magas fejlettségű *Sivapithecus*. Ennek igen közeli rokona az *Ankarapithecus*, amelyet legutóbb írtak le Anatóliából (Kisázsia).

A ragadozók néhány alakját helyi miocén időszaki ősökből származtathatjuk, de maradványaikat Észak-Amerika alsó pliocénkori rétegeiből is ismerjük. Ezek közül csak az európai *Hipparion*-faunák hatalmas álmedvéjét, az *Indarctos*t, és az ugyancsak európai eredetű *Machairodus* kardfogú macskát említjük.

Igen fontosak a Bering-szoroson keresztül lebonyolódó fauna- kicserélődés tekintetében a nyúlformák. A füttyentőnyulak ugyan már régi — oligocénkori — bevándorlók az Óvilágban, a valódi nyulak azonban csak a pliocénben, a *Hipparion*okkal (háromujjú lovakkal) együtt bukkannak fel Ázsiában és Európában, az eocénig visszakövethető, eléggé jól ismert észak-amerikai történetük vége felé.

Legfontosabb fauna-elemek a pliocénbeli nagy fauna-váltás szempontjából a patások. Az ormányosok és orrszarvúak története ugyan nem hoz e tekintetben nagy változásokat, bár az ormányosok több típusa csak ebben az időszakban jut át Észak-Amerikába. Ezzel szemben döntő jelentőségűek a fauna kialakulásában a *Hipparionok*.

A *Hipparion* nemzetség — a fejlődéstörténet egyik legjobban tisztázott rokonsági sorának végalakjaként — a pliocén legelején bontakozott ki Észak-Amerikában. Nagy csordákban népesítette be az akkori füves pusztákat. Európából (vagy akár Ázsiából) egyetlen közeli rokonát sem ismerjük a miocénből. Az óvilági elterjedési terület egyetlen lóféléje a *Hippariontól* távol álló, egészen más fejlődési ágon kialakult *Anchitherium* volt, amely egyébként az alsó pliocén faunájában is megjelent még — ritkaságképpen.

A pliocén alsó részében, nem is egészen az elején, úgyszólván robbanásszerűen, óriási példányszámban törtek be az Óvilágba, pontosabban: Ázsiába és Európába a *Hipparion* nemzetség tagjai. Kelet-Ázsiától Portugáliáig és Észak-Amerikáig mindenütt a fauna uralkodó tagjai lettek. Innen származik ezeknek a faunáknak a *Hipparion*-fauna elnevezése!

A *Hipparion*-faunák másik fő jellemvonását a párosujjúak jelentik. A miocénben a sok disznóféle mellett főleg a szarvasfélék a fauna jellemző, tömeges patásai. A *Hipparion*-faunákban ezzel szemben gyökeresen megváltozott a helyzet. Az elszegényedett disznó-fauna mellett a szarvasfélék leletei ritkaságszámba mennek, még az erdei jellegű leletekben is. Helyettük a *Hipparion*-maradványokon kívül az antilopfélék nagy változatossága jelentkezik, amelyet a hirtelen felvirágzó, miocénkori elődökre visszanyúló zsiráf-nemzetségek egészítenek ki néhol — különösen délen — feltűnő gyakoriságban.

A *Hipparion*-faunák elterjedési övének igen jólismert szakasza a Magyar-medence, amelynek ún. pannon képződményei klasszikus *Hipparion*-faunákat szolgáltattak a múlt század ötvenes évei óta (Baltavár, Polgárdi, Csákvár, Hatvan stb.). Éppen ezek a leletek teszik lehetővé, hogy a miocénbeli elődökből az akkor kialakult és bevándorlókkal, főleg a fauna domináns elemeivé előlépett észak-amerikai beözönlőkkel kiegészült alsó pliocénbeli állatélet sok jellemző részletét megismerjük. A fauna-kép fokozatos átalakulásából tudjuk, hogy a pannon tó rohamosan csökkenő sótartalmú vizének partjain kezdetben erdei, majd fokozatosan szárazzá és füves-pusztaivá való környezetben élt ez az állattársaság.

Mire pedig a felaprózott „*Paratethys*"-tenger maradványai lassanként feltöltődtek, akkorra a *Hipparion*-faunák is felmorzsolódtak. A *Hipparion* nemzetség fajai ugyan még jó ideig éltek, sőt egész Afrikát is ellepték, de uralkodó szerepük az alsó pliocén végén megszűnt. A fergeteges rohammal az egész Óvilágot „lerohanó" észak-amerikai vendégek uralkodó szerepe megszűnt, már csak egyszerű, szürke fauna-elemként járultak hozzá az összkép színesebbé tételéhez, hogy azután rövidesen hírmondójuk se maradjon.

A lánc elszakad

Klasszikus *Hipparion*-os állat-együtteseinknek a Léberon-hegy, a magyar Baltavár, Polgárdi és a görögországi Pikermi jellegzetes csont-felhalmozódásai után hirtelen vége szakad. Itt-ott néhány elszórt lelet (Ukrajnában, Dél-Oroszországban) még amellett szól, hogy a gazdag pannóniai korú fauna-együtteseink közvetlen utódaira bukkantunk. Összefüggő nagyobb lelet azonban már sehonnan sem került elő.

Mi lehet az oka ennek a nagy és időben sem megvetendő méretű hiánynak?

Mai földtani ismereteink szerint ezt mással nem tudjuk magyarázni, mint az üledékgyűjtő szárazföldi medencék megemelkedésével, ill. a felszínnek a szárazföldek hatalmas területeire kiterjedő, minden eddigit felülmúló letarolásával. Arra, hogy milyen méretű volt ez a letarolás, némi útbaigazító adattal szolgálhatnak a Kárpát-medencén belül uralkodó viszonyok. Pannóniai tavi képződményeink 400-450 m-ig érnek föl középhegységeinkbe, míg a korban utánuk következő üledékek 200-250 m-nél magasabbra nem jutottak. Ez pedig azt jelenti, hogy az Alföldön több száztól több ezer méterig terjedő vastagságú, hatalmas pannóniai üledékünk jó 250-300 m-es felső részét hordta le a pannont követő időszak folyóinak, patakjainak, záporainak pusztító ereje és szállította az anyagot az akkori beltengerekbe, tetemesen hozzájárulva azok feltöltéséhez. Mindez az éghajlatot lényegesen megváltoztatta, az szárazföldibb lett, szélsőségesebb, hidegebb telekkel és száraz, forró nyarakkal.

Ezek a körülmények azután messzemenően hozzájárulnak a dúsabb növénytakaró, az erdő visszahúzódásához, ami viszont azt eredményezi, hogy a védelmétől megfosztott talajt a víz sokkal könnyebben kimossa, elhordja, tehát nagy méretekben elkezdődik a vízmosásokkal szabdalt, kopárrá vált földek kialakulása, ami végső fokon a teljes kopárrá válás kezdete. Így természetesen a növénytakarójától nagyrészt megfosztott, kopár föld gyorsan lepusztult annyira, hogy csak a középhegységekbe benyúló nyelvek és a pannóniai üledékeknél fiatalabb bazaltlávák (Nagysomlyó, Sághegy, Badacsony stb.) védőköpenye alatt maradt meg eredeti vastagságában a medencék egykori feltöltése.

Nem csodálkozhatunk tehát azon, ha nem dúskálunk ebből a korból származó szárazföldi ősmaradványokban. Ritka véletlen adottságok egybeesése eredményezhet csak olyan csekély helyi üledék-felhalmozódást, vagy karsztos üreget, amelyben különleges fekvésénél fogva az általános letarolás közepette is volt akkora üledékösszehordás, hogy e kor jellemző élővilága maradványaiban átvészelte az eltelt 3—4 millió évet.

Ha egyszer a lánc elszakadt és egy szeme kihullott, ki mondja meg, hogy valóban csak egy szeme hiányzik-e? Bizony így vagyunk a *Hipparion*-faunák eltűnését követő korszak élővilágának a hiányával is. Csak azt látjuk, hogy a korban legközelebbi ismert fauna-kép semmiképpen nem kapcsolódik hozzá szervesen, átmenetekkel, és igen nehéz volna megmondani, hogy milyen összetételű, sőt hányféle változáson átment állattársaság tűnt el, míg az új kép kialakult.

Erre biztosan nem következtethetünk, s így újabb találgatásokra vagyunk utalva. Ez a találgatás pedig annál nehezebb, minél gyökeresebben megváltozott kép tárul szemünk elé, amelyet sehogyan sem tudunk a *Hipparion*-faunák szokott képéből levezetni.

Nézzük meg, melyek azok a változások, amelyek az élővilág fejlődésének folyamatosságában ezt a zökkenőt létrehozták, s kíséreljük meg kibogozni, mi is történt itt tulajdonképpen.

A franciaországi Rousilloni medence közepetáján, Perpignan körzetében több helyen bukkantak gazdag ősgerinces-lelőhelyekre, amelyek ősállat-együttesét összefoglalóan roussilloni fauna néven említi a szakirodalom.

Ha a roussiloni faunán, illetve az ennek túlnyomó többségét szolgáltató gerincesmaradványokon végigtekintünk, már a halaknál meg kell állnunk. A fauna elég gyakori tagja egy harcsaféle, melynek legközelebbi rokonai Afrikában élnek. A harcsafélék különben is Dél-Ázsia, és még inkább Afrika jellemző édesvízi halai. Európába és Észak-Ázsiába csak a tengervízbe is bekukkantó közönséges harcsa *(Silurus glanis)* tudott eljutni.

Nem sok mondanivalónk van a kétéltűekről és hüllőkről, mégpedig azért, mert ezek elterjedési földrajzát még korántsem ismerjük korszakról-korszakra olyan jól, hogy találhatóságukból vagy esetleg hiányukból akár a legfontosabb adatokat is felismerjük.

Lényegében ugyanígy állunk a madár-maradványokkal is. Ehhez járul még hogy a madarak amúgy is ritka maradványai igen hiányos képet adnak az illető időszak madárvilágáról. A harmadkor végén még mindig 200-300 madárfajt kellene korszakonként ismernünk, nem pedig egy tucatnyit, hogy az akkori madárvilág összetételét úgy ismerjük, mint emlősállat-együtteseit. Éppen ezért a madár-maradványok őséletföldrajzi használhatóságától is még elég messze vagyunk.

Egészen más a helyzet az emlősállatok esetében. Itt néhány hiányzó láncszem kivételével teljesen egymásutánban követhetjük a fejlődés egyes állomásait korszakról korszakra. Talán azt mondhatnánk általánosságban, hogy a roussilloni faunából jól ismerjük a kor nagyemlőseit, de igen hiányosan a kisemlősöket.

Még legjobban állunk az apróemlősök legnagyobb és a mi szempontunkból legfontosabb rendjének képviselőivel: a rágcsálókkal.

Egy különleges alakkal kezdjük a sort: a fauna repülőmókus-fajával *(Pliopetaurista pliocaenicus)*. Repülőmókusokat — mint láttuk — ismerünk Európa miocéni faunáiból is, bár ezek még eléggé a kezdetén állnak annak az útnak, amely őket a valódi mókusoktól eltávolította. A pannonból, helyesebben a *Hipparion*-faunákból nem ismerünk repülőmókusokat. Nem is nagyon várnánk innen ezeket a minden tekintetben típusos őserdei alakokat. A felső pliocénben megjelenő képviselőjük, a délkelet-ázsiai óriás repülőmókusok legközelebbi rokona inkább új bevándorlásra utal.

Kisebb fejtörést okoz a kutatóknak a faunában nem ritka hörcsögfaj felbukkanása. A *Hipparion*-faunákban már megtalálhatók a valódi hörcsögök nemzetségének *(Cricetus)* korai tagjai. Ezek a füves-pusztai magevők jelenthették a korábbi füves táj átmentett képviselőit.

Újabb különlegesség a faunában egy eredetileg teljesen ismeretlen kapcsolatú rágcsáló, a *Ruscinomys europaeus*. Ennek ősét spanyolországi *Hipparion*-faunákból mutatták ki. A spanyolországi lelet a hörcsögök és a roussilloni faj közt tökéletes hidat teremt. Itt tehát az európai hörcsögök egy specializációs oldalágával állunk szemben.

Igen érdekesek végül a fauna egérfélei. Tudjuk az előzőkből, hogy az egérfélék családja Európában minden előzmény nélkül a *Hipparion*-hullámmal bukkant fel a középső pannonban. Ez nem azt jelenti, mintha ezekkel jött volna ide közvetlenül Észak-Amerikából. Ennek pillanatnyi ismerteink mellett semmi valószínűsége sincs. Sokkal lehetségesebb, hogy Délkelet-Ázsiában, az egérfélék mai eldorádójában kell keresnünk ennek a családnak az eredetét, ahonnan néhány típusuk Kínában észak felé terjeszkedve a *Hipparion*-ménesek terjeszkedésével egyidőben jutott el hozzánk. Ezt a feltevést — mert egyelőre természetesen csak feltevésről van itt szó — alátámasztja az egérfélék e korbeli első megjelenése az észak-kínai *Hipparion*-faunákban, valamint az a tény, hogy Észak-Amerikában sem azelőtt, sem később soha nem élt a valódi egerek családjának semmiféle rokona.

Talán nem fölösleges megemlíteni, hogy az Amerikában ma már széltében-hosszában elterjedt európai egér és patkány őseit a kettős kontinensre a *Columbus*t és követőit vivő hajók telepítették be. Amerika bennszülött „egerei" és „patkányai" tulajdonképpen hörcsögök, s európai „kollegáik" segítsége nélkül is mindenkor teljes „sikerrel" töltötték be az egereknek és a patkányoknak az emberre nem túlságosan áldásos szerepét.

Visszatérve a roussilloni fauna egereire, azt látjuk, hogy azok sem a korábbi

(*Hipparion*-faunabeli), sem a későbbi alakokhoz nem csatlakoznak, hanem elszigetelt csoportot képviselnek *(Stephanomys)*. Ez pedig arra enged következtetni, hogy itt az egerek egy önálló terjeszkedési hullámának gyorsan eltűnő képviselőiről van szó, nem pedig a *Hipparion*-faunákkal Európába benyomult alakok leszármazottairól.

A rágcsálók után közvetlenül említjük a nyúlformákat. Két képviselőjük: egy nyúlféle és egy füttyentőnyúl-féle *(Ochotonida)* élt. Az első valamelyik *Hipparion*-faunabeli nyúl közvetlen leszármazottja lehet.

A többi emlősállat-rend tárgyalását a majmokkal kell kezdenünk. Ezeket a faunában egy kihalt pávián-nemzetség *(Dolichopithecus)* képviseli aránylag igen gazdagon. Itt megint említésre méltó, hogy míg a *Hipparion*-faunák — a már említett bizonytalan emberszabású majom mellett — egy cerkófmajom-félével, a *Mesopithecus*-szal szerepelnek, addig a roussilloni faunában egy páviánféle található, mégpedig egy olyan alak, amilyenek fejlettség és felépítés tekintetében ma csak Délkelet-Ázsiában, illetve a Szunda-szigeteken élnek. És még hozzátehetjük azt is, hogy egyetlen — franciaországi — későbbi, bizonytalan lelettől eltekintve a *Dolichopithecus* nemzetség is ennek az időszaknak a specialitása.

A ragadozók népes csoportja Roussillonban is változatos együttes. Ez nagymértékben hozzájárul a fauna-összetétel állatföldrajzi alapjainak a kibogozásához, annak ellenére, hogy a ragadozók nagy része mozgékonysága, gyorsasága és környezetével szembeni igénytelensége miatt sokkal kisebb mértékben használható állatföldrajzi és elterjedés-történeti következtetésekre, mint a növényevők, vagy éppen a rágcsálók.

A kutyafélék közül nyoma sincsen Roussillonban a valódi kutyák (farkasok) nemzetségének. Ezek csak később jelennek meg Európában, sőt Ázsiában is — a jégkorszak kezdetéig Észak-Amerikából nem jutottak át az Óvilágba. A család azonban mégsem hiányzik erről a lelőhelyről. Képviseli a mai nyestkutyák *(Nyctereutes)* kelet-ázsiai nemzetségének rokonságába sorolható, de kezdetlegesebb kutyaféle *(Ruscinalopex)*, melyet a család első óvilági bevándorlójának kell tekintenünk. Fejlettebb utódai Európában a jégkorszak első szakaszát még megérték, míg Kelet-Ázsiában a jégkorszak különböző időszakaiból kerültek elő leleteik, illetve ott még ma is élnek leszármazottaik.

A kutyafélék mellett sokkal nagyobb jelentőséget kell tulajdonítanunk a medveféléknek. Ezek ebben az időszakban lépnek az élet történetének a színpadára.

A medvéket már vagy egy évszázad óta az álmedvéktől *(Agriotheriidae)* származtatják — tévesen. Az *Agriotherium*-félék ugyanis annak ellenére, hogy a valódi medvéktől felületes vizsgálattal, főleg azonban legrégibb ismert képviselőik szerveződési fokának és irányának ismerete nélkül elválaszthatatlanok, — olyan tulajdonságokkal rendelkeznek, amelyek alapján a medvék őseiként szóba sem jöhetnek. Ezt a felismerést csak a legutóbbi két évtized kutatása nyomán kezdik fokozottan figyelembe venni.

Feltűnő, de különösebb jelentőséget nem szabad annak a ténynek tulajdonítanunk, hogy Roussillonból nem ismerünk egyetlen menyétfélét *(Mustelidát)* sem. Következtetéseket ebből csak akkor vonhatnánk le, ha rendszeres gyűjtés, nem pedig ötletszerű alkalmi kövületvadászat eredménye vagy véletlen leletek sorozata állna rendelkezésünkre.

A medve-maradványoknál semmivel sem kisebb jelentőségűek a fauna cibetmacska- *(Viverrida)* leletei. Ez a trópusi Ázsia és Afrika bozótos-erdős területein széltében-hosszában elterjedt változatos ragadozó család eddig eléggé megőrizte előlünk kialakulása titkát.

Ha a nagyemlősök terén általában elégedetlenek voltunk a roussilloni faunával,

akkor sokszorosan áll ez a patásállatok közül az ormányosokra és az orrszarvúakra. Ezek sem utódai a *Hipparion*-faunák vastagbőrűinek, hanem dél-ázsiai bevándorlók.

A vastagbőrűek viszonylagos ritkaságáért bőven kárpótoltak a lovak Roussillonban. A faunának ez a leggazdagabban képviselt állatcsoportja, ami pedig adott esetben nagy szerencse, mert a *Hipparion*-faunákkal való szembeállításban éppen az ott is vezérszerepet játszó és legtömegesebb lófélék a legfontosabbak.

Roussillonban a lóféléket egyetlen *Hipparion*-faj képviseli *(H. crassum)*. Csakhogy ez a vastag és rövid lábú, nagy termetű és finom, bonyolult fogzománcú faj semmiféle közvetlen kapcsolatba sem hozható az európai *Hipparion*-faunák változatos lóféléivel. Ez más szóval azt jelenti, hogy legalább is fennáll a gyanúja annak, hogy a roussilloni *Hipparion*-faj nem az itt korábban élt *Hipparion*ok valamelyikére vezethető vissza, hanem egy másik, a pannóniai emelet idején nálunk ismeretlen törzsből alakult ki.

A páratlan- és párosujjúak közt tárgyalja a rendszertan az ún. csövesfogúak, a földimalacok rendjét, amelyet az őspatásoknak az óharmadkor közepe táján élt valamelyik korai ágából vezetnek le. Ez a ma trópusi-afrikai csoport mind a *Hipparion*-faunák idején, mind Roussillonban (akár India hasonló korú Sivalik-képződményeiben) elterjedési sávja peremével belenyúlt a napjainkig felkutatott, jórészt mérsékelt övi zóna déli szegélyébe. Így jutott el Roussillonba is.

A párosujjúak közt elsőnek a disznóféléket említjük. Még nem tisztázott kérdés, hogy egy, vagy két disznóféle *(Suida)* élt-e itt. Az utóbbi esetben mindkettő ugyanannak a jellegzetes dél-ázsiai (indiai) típusnak a képviselője.

A kérődzők nagy csoportjából a szarvasféléket *(Cervidae)* két faj képviseli. Az egyik külsőre inkább őzszerű alak, míg a másik a valódi szarvasok egy igen ősi vonalát képviseli. Az őzszerű alakot általában a kelet-délkelet-ázsiai muntyák-szarvasokkal hasonlítják össze. Ez az összehasonlítás azonban még nem jelenti a közeli rokonsági kapcsolat feltételezését, mert a külső hasonlóság lehet párhuzamos fejlődés eredménye is. A második, a szarvasszerű alak semmiképpen sem leszármazottja a *Hipparion*-faunák jellegzetes szarvasféléinek. Ennek kapcsolata is sokkal inkább utal Délkelet-Ázsia felé, hiszen a *Rusa*- és *Sika*-nemzetségbeli szarvasok sokkal több vonatkozásban hasonlítanak a roussilloni alakhoz.

A tulokfélék *(Bovidae)* családjába tartozik a roussilloni fauna utolsó tagja, amelyről még feltétlenül beszélnünk kell. Ez a tulokféle nem antilop, hanem az indiai Sivalik-faunákból kiindult, ott számos nemzetségben virágzó és onnan szétterjedt tulkok *(Bovinae)* egyik legkezdetlegesebb képviselőjének *(Parabos boodon)* bizonyult.

Ha mármost összegezzük a roussilloni fauna és még inkább az utolsó években feltárt csarnótai (Baranya m.) igen változatos állattársaság részletes elemzéséből nyert tapasztalatainkat, akkor a következőket állapíthatjuk meg.

1. A fauna néhány alakja miocéni ősöknek a leszármazottja; áthidaló *Hipparion*-faunabeli fajaik vagy folyómenti galériaerdők, vagy éppenséggel vizek lakói voltak, esetleg a miocénből már mint füves-bozótos táj lakói jöttek át.

2. Ugyancsak alig néhány fajt találunk a faunában, amelyek a *Hipparion*ok fauna-hullámának a kíséretében érkeztek Európába és jutottak be a roussilloni faunaegyüttesbe. Ezek kimondottan füvespusztai alakok.

3. Végül a fauna túlnyomó többségét azok az alakok alkotják, amelyek közvetlenül dél-ázsiai bevándorlók, illetve szabatosan: Délkelet-Ázsia felől terjedtek át az európai fauna-területre.

Ez pedig azt jelenti, hogy Európának a Szibérián keresztül közvetlenül Észak-Amerikából átterjedt, *Hipparion*-hullámmal átfestett, helyi miocén eredetű alsó pliocéni, pannóniai emeletbeli állattársasága e korszak végével alapvetően átalakult.

A fauna uralkodó zöme közvetlen délkelet-ázsiai törzsek tagja, ami annak a jele, hogy Európában a *Hipparion*-faunák lealkonyultával a pannóniai szakasz végére jellemző száraz, szélsőséges éghajlatot követő, nedves-éghajlatú, beerdősödött területeken hatalmas délkelet-ázsiai fauna-beáramlás zajlott le. *Ennek a bizonyítéka és típusa a roussilloni fauna-együttes.* És ez jellemzi az asztinak nevezett földtörténeti emeletet is.

Az új tényező

A földtörténet folyamán a földfelszín fizikai adottságainak, — domborzat, tengerek és szárazföldek megoszlása, páratartalom, hőmérséklet stb. — úgyszólván állandó változásait észlelhetjük. Ez viszont a földi élet alakulására gyakorol szinte folyamatosan ható befolyást. A pliocén végétől azonban a környezethatás olyan méretben kezdi az élővilág továbbfejlődését befolyásolni, amilyenre addig nem volt példa.

Mi ez az új tényező?

A jégkorszak, vagy pontosabban a jégkorszaki eljegesedések.

Abban az időben a mai grönlandi és antarktiszi jégtakaró kiterjedésének kétszerese-háromszorosa fedte a Föld sarkvidékeitől kiindulva a kontinenseket, illetve a szárazföldeket. A magas hegységek hóhatára is többszáz méterrel lejjebb ereszkedett. A 2—3 ezer m vastagságot elérő szárazföldi jég legnagyobb kiterjedése idején Európát Dél-Angliától Hollandián, Németországon át a Cseh-medence és a Kárpát-medence pereméig, sőt Kievig borította. Innen kanyarodott fel északkeletre az Ural északi tájáig. Ugyanakkor Észak-Amerika jégpáncéljának déli határa a Nagy tavaktól délebbre nyúlt le.

A szárazföldi jég formájában megkötött vízmennyiség természetesen a világtengerek vízmennyiségét csökkentette tetemesen; a jégtömegek maximális kiterjedése idején valamennyi tenger felszínét vagy 100 m-rel szállította le. Ennek következtében óriási területű sekélytengerek váltak szárazzá, amivel lényegesen megváltoztatták a szárazföldek kiterjedését, összefüggéseit stb.

Végül nem elhanyagolandó változást okozott az is, hogy a tengerek szintjének ily méretű süllyedésével együtt járt a szárazföldek legnagyobb részének ugyanilyen megemelkedése, vagyis ugrásszerűen megnőtt a síkvidéknek a középhegységi és magasfennsík-övezetbe, illetve az utóbbinak a magashegységi-havasi övezetbe való áttolódása is. Ez viszont kisebb-nagyobb eljegesedési centrumok kialakulására vezetett. Így vált eljegesedési centrummá az Alpok tömege, a Pireneusok, a Kaukázus és sok más mérsékelt övi, sőt trópusi hegység. Ebből az időből valók a Tátra, a Déli-Kárpátok korlátolt kiterjedésű eljegesedési nyomai is.

Mi sem természetesebb, mint hogy ezek a nagyarányú változások a földfelület, főleg a szárazföldek hőmérsékleti viszonyait alapjaiban megváltoztatták. A jégpáncél területén nyáron is sarkvidéki hőmérséklet uralkodott, de sok száz km-re a peremétől is mélyen leszorította az átlagos hőmérsékletet. Így a jéggel nem fedett vidékek széles sávján is a nyáron felengedő néhány deciméteres földkéreg alatt örökké fagyott talaj bénította az élet kibontakozását. A mai észak-szibériai tundravidéken vagy Észak-Kanadában stb. szokásos kifagyási jelenségeket, jég-ék képződést és kavicszsákokat okozott, mint azt az utóbbi időkben hazánk területéről is sok helyen kimutatták.

Ugyanekkor a szárazföldek kiterjedésének megnövekedése, a tengerek visszahúzódása, a nagy víztömegek közvetlen éghajlat-kiegyenlítő hatásának csökkenése erősen megnövelte a szélsőséges kontinentális klímájú területsávokat.

Mindezek a jelenségek természetesen messzemenően befolyásolták az élővilág fejlődését és elterjedését — elsősorban azáltal, hogy a mai szárazföldek területének egyötödén az azt beborító hatalmas jégpáncél gyakorlatilag minden magasabbrendű élet lehetőségét is megsemmisítette. De ettől a területtől az Egyenlítő felé haladva is széles sáv keletkezett az eddig mérsékeltövi-földközi-tengeri klíma területén, amelyen a zsibongó gazdag állatvilágot rejtő buja erdők helyét a tundrák fagyott talajának nyomorgó törpe-növényzete, vagy legfeljebb a sarkhoz közeli tűlevelűek-nyíresek szegényes növényvilága foglalta el, — a sarkvidék minden sanyarú életkörülményéhez edzett gyér állatvilággal. Még tovább, az Egyenlítő felé haladva is erősen eltolódott éghajlati öveket találunk az eljegesedések idején.

A szakaszokban előnyomuló, majd visszahúzódó jégtömeg az élővilág fejlődését alapvetően befolyásolta. A jég minden egyes előnyomulása a növény- és állatvilág jelentős részét (amely nem viselte el az éghajlat hideggé vagy szélsőségessé válását) kipusztította, másokat pedig az új körülményekhez való alkalmazkodásra kényszerített. A jeges szakasz végével, vagyis a jégtakaró visszahúzódásával pedig az élővilágnak az eljegesedéshez alkalmazkodott részét pusztította ki az éghajlat változása, míg a melegebb éghajlati övekben fennmaradt melegkedvelő élővilág fokozatosan újra visszatérhetett a jég előnyomulásakor „feladott" területre. Miután azonban ezt a délibb területet is valami formában érintette az eljegesedés hatása, ez sem maradt változatlan. Így a „visszavándorlók" sem ugyanazok, mint amelyek annakidején erről a területről kiszorultak, hanem ezeknek többé-kevésbé megváltozott utódai, esetleg más területekről bevándorolt új elemekkel megszaporodva. Tehát a jég minden egyes visszahúzódása egy új állatvilág megjelenését eredményezi, míg a jég ezt lezáró újabb előnyomulása — elszegényedve bár, de megtartja az élővilág (alkalmazkodás révén jelentéktelenül megváltozott) tagjait. Így azután a jégkorszaknak ma általában feltételezett négy fő jég-előnyomulási időszaka (az őket megelőző enyhe szakasszal együtt) egy-egy jellemző állatvilág kialakulását vonta maga után. E négy szakaszra már annyi nevet alkalmaztak, hogy leghelyesebb ezek helyett, a félreértések elkerülése végett a *legalsó*, *alsó*, *középső*, és *felső jégkorszak* elnevezést használni. A két első szakaszt, a legalsó és az alsó jégkorszakot jellemző magyarországi állatvilág típusos előfordulása alapján az irodalom mindinkább *villányi* és *bihari szakasz*nak nevezi. Mi is ezeket a neveket tartjuk meg.

Talán feltűnt, hogy mindeddig egy szót sem szóltunk a jégkorszak legszembetűnőbb eseményének, a hatalmas szárazföldi jégtakaró kialakulásának és a vele kapcsolatos éghajlati változásoknak a kérdéséről. Ez tulajdonképpen nem is tartozik szorosan vett tárgyunkhoz, ezért csak érintjük, részleteibe azonban nem bocsátkozhatunk.

Mintegy másfél évszázados vita folyik az eljegesedések okáról illetve okairól. A tucatnyi elmélet és magyarázat közül egyik sem bizonyult biztosnak vagy legalábbis kizárólagosnak. Röviden ma azt mondhatjuk, hogy az eljegesedések illetve a jégkorszak elnevezés alatt összefoglalt jelenségek elindító alapoka: a Föld Nap-körüli keringési viszonyainak igen bonyolult kozmikus hatásokra visszavezethető megváltozása. A Föld keringési pályaelemeinek ez a folyamatos változása volt az elindítója annak a ma még áttekinthetetlen „láncreakciónak", amelynek együttes hatását eljegesedések és köztes időszakok bonyolult rendszereként észleljük.

Az észak-amerikai bevándorlók

Az előző fejezetben sok mindent elmondtunk már, ami valójában ide tartozik. El kellett ott mondanunk, hogy érthetőbbé váljék a hazai csarnótai ősállat-társaság és a villányi típusú ős-faunák éles ellentéte, egyúttal a pliocénvégi fauna-fejlődéssel lezárjuk a harmadkor felső határát az új fauna-szakasz felé.

Nyomatékosan hangsúlyoztuk annak idején, hogy a csarnótai faunákat az emlősök közt az egérfélék uralkodó szerepe jellemzi, ezzel szemben a villányi és a bihari faunákban az egérfélék a ritkaságok közé tartoznak. A biharinál fiatalabb faunákban pedig csak egy-két esetben találkoztunk velük a pleisztocén folyamán. Az egész pleisztocénben — és ebben a villányi faunák sem kivételek — az emlős-faunák uralkodó többségű emlős-családja a pocokfélék.

Ennyit az általános fauna-képről. De ennél sokkal lényegesebb különbségeket mutatnak a részletek. Itt megint csak az emlősállatokkal foglalkozunk, mert a többi állatosztályról megközelítően sincs annyi adatunk, mint az emlősökről.

A cickányok családjából a csarnótai szint valamennyi nemzetsége átnyúlik a villányi emeletbe. Csakhogy a csarnótai faunában még nyoma sincs a villányiban már uralkodó szerepre jutott, ma is élő *Sorex* és *Crocidura* nemzetségeknek. Ezek közül az előbbi az egész Ó- és Újvilág hideg és hideg-mérsékelt övének uralkodó cickány nemzetsége, míg az utóbbi kimondottan a dél-európai—dél-ázsiai—afrikai meleg sáv uralkodó alakjait foglalja magában.

A rágcsálók közt elsőnek említjük a mókusfélék *(Sciuridae)* családját, s azonnal szembe ötlik, hogy míg a csarnótai faunák a maitól teljesen idegen erdei faunaelemeket tartalmaznak, addig a villányi faunákban ezeknek már nyoma sincs. Helyettük egy ürgefaj *(Citellus primigenius)* igazolja a két emelet közt uralkodó alapvető nedvesség- és növénytakaróbeli változását.

Ugyanezt tükrözik a pelefélék *(Gliridae)*. A csarnótai faunák pelebőségével szemben Villányon a legnagyobb ritkaság egy a maitól eltérő nagypele-faj *(Glis hofmanni)*, s a csarnótai faunák uralkodó pele-fajának, a *Dryomimus*-nak is csak egyetlen lelete vált ismeretessé.

A hörcsögök *(Cricetidae)*, akárcsak a csarnótai faunában, itt is a várakozással ellentétesen viselkednek. Az előbbiek egyetlen hörcsögféléje *(Cricetinus)* eltűnik, és a villányi faunákban a körülbelül azonos nagyságú, fejlett fogazatú *Allocricetus* nemzetség lép a helyére, mégpedig a füves-pusztai környezetnek megfelelően megnövekekedett példányszámban.

A leggyökeresebb változást talán a pocokfélék jelentették a villányi faunákban a csarnótaiakkal szemben. Egytől-egyig eltűntek a csarnótai faunák jellegzetes, ősi felépítésű pocokféléi.

Ezzel szemben a fiatalabb villányi faunákban hihetetlen tömegben elszaporodva, több nemben, számos fajra tagolódva árasztják el az egész tájat a fejlődés magasabb fokát elért gyökeres fogú és gyökértelen fogú pockok. Állandó növekedést biztosító oszlopos fogaikkal a táplálkozásmód tökéletesedésének eddig ismert legmagasabb fokát érték el. Ez biztosítja számukra a mai kisemlős-faunában mindent elsöprő térfoglalásukat. A gyökértelen fogú lemmingek *(Lemmus, Dicrostonyx* stb.*)* az örök hó sarkvidéki tájain olyan vidékeket hódítottak meg, ahol más növényevő már képtelen megtelepedni.

A majmokat a villányi emelet faunáiban — a francia faunákból kimutatott *Dolichopithecus* páviánfajtól eltekintve — már csupán magótfélék *(Macaca)* képviselik. Magasabb fejlettségű, illetve emberszabású majmok ekkor már csak a meleg égövben éltek.

Igen változatos, és a fauna-fejlődési vizsgálatokban jelentős szerepet játszik a villányi emelet ragadozó-faunája.

Az első, ami itt feltűnik: a kutyafélék fajgazdagsága. Csak a farkasféle 3—4, a róka pedig legalább 3 fajjal szerepel, ami szintén a füves-puszták és bozótosok térfoglalását igazolja az erdőségekkel szemben.

A villányi faunára jellemző, hogy a roussilloni faunák igen primitív medveféléje már sehol sem fordul elő. Helyét a felső jégkorszak barlangi medvéjéhez és a mai barna medvéhez vezető fejlettebb alak foglalja el.

Az álmedvék *(Agriotheriidae)* a villányi emelet idején Eurázsia területén már nem voltak megtalálhatók.

Változatos menyétféléket *(Mustelidae)* találtunk a villányi faunákban. Ennek kettős oka van: először is átveszik a roussilloni-csarnótai faunák alakjait, és néhány észak-amerikai bevándorlóval, s a mai fauna valamennyi nemzetségével mint új jövevénnyel is gazdagodnak.

Feltétlenül amerikai eredetű a villányi faunák két grizonféléje *(Pannonictis* és *Xenictis)*. Eurázsiai rokonságuk nincs, ellenben szorosan kapcsolódnak Észak-Amerika újharmadkori lelet-anyagának néhány alakjához *(Trigonictis)*, illetve a ma is élő dél-amerikai *Grison* és *Grisonella* nemzetségekhez.

A patások csoportjában az ormányosok közül a *Mastodon*ok úgyszólván változatlanul kerülnek át a felső pliocénből, tehát nem alkalmasak a két emelet elválasztására. Viszont annál nagyobb jelentőségük van a valódi elefántoknak. Ezek között az *Archidiskodon planifrons* volt az első európai faj, míg a nála jóval fejlettebb *A. meridionalis* a villányi típusú nagyemlős-faunák úgyszólván legfontosabb korjelző faja. Nagy ellenállóképességű fogai még a legdurvább kavicsrétegekben is megmaradtak.

Miután az orrszarvúak közismerten nehezen határozhatók meg fajra, illetve nemzetségre, így sok hiba csúszik a közölt határozásokba. Ezért helyesebb ezeket a két emelet viszonylatában korhatározásra nem is használni.

Eddigi ismereteink szerint döntő jelentősége van a pliocén-pleisztocén elhatárolásánál a lovaknak. A roussilloni és csarnótai faunákban eddigi tudomásunk szerint valódi (tehát egyujjú) lovak az Óvilág területén nem fordultak elő. A villányi faunákban ugyan több helyről ismerjük még a *Hipparion* nemzetséget, mellettük azonban már Észak-Amerikából bevándorolt valódi lovak (egyujjúak) találhatók.

Mint víz- és mocsárlakó alakokat, a tapírokat a miocéntől kezdve korról korra átmenő két párhuzamos fejlődési törzs fajaiban követhetjük. A villányi faunákból sem hiányoznak.

Röviden meg kell még emlékeznünk a tevékről *(Camelidae)*. Ezek, mint említettük, esetleg a villányi szakasz idején kerültek át Észak-Amerikából az Óvilág északkeleti vidékein keresztül a Kárpát-medencébe. Kislángon ez a keleti faunaelem egy akkor még szintén keleti-ázsiainak számító másik elemmel, az óriásstruccal együtt jelent meg.

Nagyobb jelentősége van a faunák kialakulása szempontjából ezekben az időkben a szarvasok *(Cervidae)* családjának.

A klasszikus villányi (villafrankai) jellegű nagyemlős-faunákban ágasbogas agancsú szarvasokkal találkozunk *(Eucladoceus)*. Ezek mellett már megtalálhatók a jávorszarvasok ősi alakjai *(Libralces)* és a későbbi óriásgímek kezdetleges formái *(Orthogonoceros)*.

Legvégül pedig a tulkokról *(Bovidae)* az derül ki, hogy néhány gazellafélén kívül valamennyi ez időszakból ismert antilopféle már a csarnótai fauna idejében is itt volt. Jelentős változást csak a tulkok ősi képviselőjének, a *Leptobos* nemzetségnek a feltűnése okoz a villányi faunákban. Mármost ha nem tételezzük fel, hogy ezek az

őstulkok közvetlenül a Hipparion-faunák óta itt élt *Parabos* nemzetségből alakultak ki, akkor a *Leptobos*-fajokat is biztosan délkelet-ázsiai (indiai) bevándorlóknak kell tekintenünk.

Mindezekből végső fokon mi következik?

Ugyanaz , amit már a *Hipparion*-faunák esetében is tapasztalhattunk, hogy *az új faunát nem a régit minden nyomával együtt elsöprő teljesen új állattársaság alkotja* — jelen esetben tehát nem csupa amerikai bevándorló. Ellenkezőleg: *az alapot az előző faunából visszamaradt, az új körülményekhez* (ebben az esetben a nagy összefüggő erdőségek felszakadozását követő füves-pusztai környezet kialakulásához) *alkalmazkodott alakok nagy száma adja. Ehhez járulnak a Délkelet-Ázsia felől beszivárgott fajok, illetve sokkal nagyobb számban a belső-ázsiai bevándorlók.*

Annak, hogy ilyen körülmények közt miért beszélünk amerikai fauna-hullámról, ugyanaz az oka, mint a *Hipparion*-faunákban: ezek a beözönlők tömegükkel a fauna uralkodó jellegét adták. Ez volt a helyzet annakidején a *Hipparion*-fajok csordáival, valamint a villányi-villafrankai időkben az *Equus* nemzetség már egypatájú őseivel, az *Allohippus* és *Macrohippus*-fajok méneseivel.

Az északi vendégek

Talán furcsán hatott, hogy a villányi vagy villa rankai időszakban semmi nyomát nem tapasztaltuk a jégkorszak első szakaszának. Kétségtelen tény, hogy a geológusok, főleg azonban a jégkorszak-kutatók legnagyobb része ezt az időszakot tekinti a jégtakaró első előnyomulása idejének, helyesebben ebbe az időszakba helyezi a legidősebb, *günz* névvel jelölt moréna-nyomokat. Ezzel szemben nagyméretű lehűlés nyomait a villányi emelet idején az állatvilág összetétele nem igazol.

Később talán igen?

Igen, mégpedig mindjárt a villányit követő bihari időszakban, tehát az alsó jégkorszakban.

A bihari időszak faunáit a Villányi-hegység lelőhelyei — akárcsak a villányi emeletéit — klasszikus előfordulásokban őriztek meg. Ezenkívül ismerjük őket a Kárpát-medence több helyéről, Brünn mellől, Dél-Németországból, Dél-Angliából (hogy csak az európai lelőhelyekről emlékezzünk meg). Mint már említettük, apró- és nagyemlős-faunáikat Kárpát-medencebeli előfordulásaik segítségével megbízhatóan sikerült egybehangolnunk, azonkívül ismerjük meleg füves-pusztai, hegyvidéki-erdei, és vízmelléki jellegű állattársaságaikat. Az időszak nagy részére vonatkozólag a fauna mennyiségi összetételének hullámzását, illetve változásait is ismerjük a földtörténeti idők keresztmetszetében.

Ezért a bihari faunák esetében beszélhetünk a fauna általános jellegén kívül annak „menetközbeni" alakulásáról is.

Nagy általánosságban a bihari faunák óriási többségükben kígyó-maradványokat tartalmaznak. Az emlősök uralkodó többségét pocok-hörcsög-fajok alkotják. Fajok szerinti összetételükben különböznek a bihari faunák a villányi faunáktól. Az utóbbiakban még mindenütt kimutatható régies jellegű fauna-elemek szinte teljes eltűnése jellemzi a bihari faunát. E mellett a mai faunák szinte valamennyi eddig hiányzott elemének őse a bihari emeletben együttesen található fauna-területünkön. Már jelentkeznek a mai fauna legjellegzetesebb sarkköri, jeges-tundrai képviselői, illetve ezek alig elválasztható rokonai. Ez az európai klíma lehülésének első félreérthetetlen nyoma, egyúttal százszázalékos bizonyítéka!

De vegyük sorjában az adatokat.

A kétéltűek és hüllők a faunákban — a kígyók tömegétől eltekintve — nagyon meggyérültek, a madarak sokkal jelentősebb szerepet játszanak.

A rovarevők közt a vakondokok száma egy harmadik, nagytermetű alakkal szaporodik. A pézsmacickány itt is mindenütt előfordul.

A cickányok közt hiába keressük a régibb faunákból átjött, villányi emeletben még virágzó nemzetségeket. Csak a *Beremendia* nevű óriáscickány húzza ki az időszak vége tájáig. Ezek mellett azonban a mai fauna kihalt fajokkal képviselt cickány nemzetségei élnek. (Valamennyi már a villányi időkben itt volt.)

A denevérek a ma élő nemzetségek élő fajaival szerepelnek.

Majomfaja is van még a bihari emeletnek. A vörösagyagos lelőhelyekről egy magót- *(Macaca)* fajt ismerünk.

A villányi faunák ürge-faja képviseli a mókusféléket, s itt-ott a hegyvidéki faunákban peléket is találunk —, mai faunánk nemzetségeit.

Új elem a faunában az ugróegerek *(Zapodidae)* amerikai családjának (van eurázsiai ugróegér-család is, a *Dipodidae*) óvilági ágához tartozó csíkosegér *(Sicista)* nemzetségből egy kihalt faj felbukkanása.

Teljesen új elemmel szerepelnek a földikutyák *(Spalacidae)*, amennyiben a villányi emelettel teljesen és nyomtalanul eltűnt *Prospalax* nemzetség helyébe a vele nem közvetlenül rokon, nálunk ma is élő *Spalax* nemzetség lép.

A hódok családjából a közönséges hód *(Castor)* képviselője mellett még utoljára színre lép a kihalás előtt álló *Trogontherium* óriási hód is.

Lényeges változás következik be a hörcsögök állományában: megjelenik a mai hörcsögünk *(Cricetus)* egy kihalt faja és rögtön a fauna egyik uralkodó alakjává válik. Mellette ott van a dél-orosz pusztákon ma is élő törpehörcsög *(Cricetulus)* nemzetség egy faja.

Az új faunát azonban legszembetűnőbben valamennyi csoport közt a pockok *(Arvicolidae)* családja érzékelteti. Ezek az utolsó képviselőivel még fennmaradt *Mimomys* nemzetség mellett csupa mai típussal vonulnak be a faunába, — tömegeikkel ennek egész jellegét „modernizálva".

Az egerek, mint a villányi emeletben, itt is csak az erdei egerek *(Apodemus)* ritka szórvány-leleteivel bukkannak fel — elvétve.

A villányi tarajos sül faj közeli rokona vagy vele azonos a bihari is.

A nyúlformák közül is eltűntek a villányi fauna régi elemei, és a bihari faunákban már csak a két, a mai faunákban is jelenlevő, illetve csak a jelenkorban később keletre visszahúzódott alakja, a mezeinyúl *(Lepus)* és a füttyentőnyúl *(Ochotona)* egy-egy faja élt.

A ragadozók közül a villányi emelet összes új jövevénye itt van, viszont nyomtalanul eltűnt már annak valamennyi régi csarnótai alakja. Új alak csak egy van, ez az északi vidékek jellegzetes nagy *Musteliddá*ja, az északi népek legendás és félelmetes hírű rozsomákjának *(Gulo)* egy ősi faja. A rozsomákot megint csak az északi faunaterület szülöttének kell tekintenünk; Szibériából terjedhetett át a jégkorszak vége felé Észak-Amerika sarkvidéki tájaira is.

Ha nem is új bevándorló, hanem a villányi idők nagyobbik medvetípusának az utóda, mégis jellegzetes alakja ennek a kornak a barnamedvéktől fejlődési irányban mindjobban eltérő és lassanként a jégkorszak folyamán a barlangi medvében fejlődése csúcspontját elérő fejlődési vonal.

A ragadozó-fauna nagyméretű kicserélődése mellett figyelmet érdemel, hogy két nagyragadozó, a villányi faunák óriáshiénája *(Pachycrocuta)* és kardfogú macskája *(Epimachairodus)* ezt a kort még jórészt végigélte.

A patások közt mindig nagy figyelemmel kísért ormányosok ismét a szokott képpel mutatkoznak: nyoma sincs már a *Mastodon*oknak. Csak a valódi elefántok egy faja, a villányi alaknál magasabb fejlettségű *Mammuthus wüsti* jellemzi ezt az időszakot.

Az orrszarvúak ugyanazok, mint a villányi emelet idején. A lovak viszont új, nagytermetű típusokkal különböznek a villányi alakoktól. A tapírok a bihari faunákban már nem éltek Európában.

Talán nem várt eleme a faunának a víziló. Ezt nem szorította ki a villányi emelet végének nagy fauna-rostája. A disznók természetesen a villányi emeletben már megjelent mai vaddisznónk ősi vonalát képviselő *Sus* nemzetség egy nagy fajával szerepelnek a bihari faunában.

A szarvasok családjából a gímszarvasok *(Cervus)* első típusos képviselője mellett az óriásgím ősének *(Orthogonoceros)* egy faja, ősi jávor *(Libralces)*, és a villányi faunákból még ismeretlen őz *(Capreolus)* a fauna jellemző alakjai. Mellettük megjelenik a tundrák másik jellegzetesebb alakja, a rénszarvas *(Rangifer)* egy régi képviselője is. Ez — a lemmingen kívül — megdönthetetlen bizonyítéka a sarkvidéki jellegű éghajlat betörésének a bihari faunák területének közelébe.

Igen nagy változást okozott a bihari emelet kezdete a tulkok *(Bovidae)* összetételében. Eltűntek a felső pliocén óta elterjedt antilopfélék, úgyszintén a villányi emelet jellegzetes őstulokja, a *Leptobos* is. Ezzel szemben megjelentek a bölények *(Bison)*, valamint egy-két még nem eléggé ismert nagy juhféle. Ami viszont a legszembeötlőbb, az arktikus vendégek: a mai pézsmatulok, a ma csak Észak-Amerikában és Grönland tundravidékén élő *Ovibos* és igen közeli rokona, a *Praeovibos* formájában. Ennek az arktikus alaknak a megjelenése a bihari faunában még más szempontból is fontos. Észak-Kína bihari és villányi faunáiban is feltűnnek az *Ovibos* rokonságába tartozó alakok.

Ettől az arktikus betöréstől eltekintve, amelyet időben a bihari emelet felső végére kell tennünk, a néhány kivétellel kihaló villányi fauna-elemek eltűnése és a mai fauna még hiányzott utolsó elemeinek a megjelenése az, ami a bihari emelet fauna-fejlődését jellemzi.

A bihari emelet faunájához kapcsolják az alpi eljegesedés kutatói az általuk *mindel*nek elnevezett morénaláncot illetve jégelőnyomulást.

Két vastagbőrű — és más semmi?

A középső jégkorszakban rohamosan halad a fauna fejlődése is mai arculatának kialakulása felé. Kialakult a mai állatvilág váza: már itt van minden fontosabb nemzetség, csak még igen sok a faunának az idősebb korokból áthozott faja vagy nemzetsége, nem is beszélve a mindig újra és újra jelentkező, a jég előtörésével kapcsolatban területünket elárasztó arktikus fauna-elemekről.

Míg a korábbi időszakban egy-egy fauna-szakasz az állatvilág fokozatos fejlődésének jellegzetes állomása volt, olyan kép, amely a fejlődés folyamán soha vissza nem tért, — addig itt már az éghajlati viszonyok változásától függő, egy fauna-fejlődési szakaszon belül is többször megváltozó, majd „visszaváltozó" képet találunk.

Miután még a rövid tartamú, éghajlat okozta fauna-eltolódásokat sem követheti teljes visszatérés a régi állapotokba, — a fauna fejlődési változásai és az éghajlat okozta eltolódások kihatásai nemegyszer egymással összevegyülnek, egymást csökkentik vagy erősítik. Ennek pedig az a következménye, hogy nem minden esetben tudjuk

megmondani, hogy a fauna természetes fejlődéséből adódó, vagy csak éghajlatváltozás következtében beállott változással állunk-e szemben.

Mindehhez még hozzá kell vennünk, hogy a jégkorszak felsőbb tagozataiban ezek az éghajlati eltolódások különböző erősségűek, és egymásutánjuk sem tisztázott.

Ilyen zavaró tények mellett a jégkorszak felső szakaszaiban a fauna-kép jellemzésére a következő adatok és feltevések állnak rendelkezésünkre.

1. Az előző „jeges" szakasz után a mammutok fejlődési vonalába tartozó őselefánt-féle, a *Mammuthus trogontherii* ága erősen háttérbe szorult, és a mai afrikai elefántokkal legközelebbi rokonságúnak tartott *Palaeoloxodon antiquus* faj lett a vezéralak. Ettől a típustól viszont határozottan különbözik az utolsó eljegesedést megelőző szakasz elefántfajainak összetétele: a *Palaeoloxodon antiquus* köre példányszámban meggyérült és keskenyebb foglemezű alakokkal jelenik meg, míg az uralkodó szerepet a mammut *(Mammuthus primigenius)* még vastagabb lemezű, de már tipikus példányai veszik át.

2. Az ormányosokkal párhuzamosan a *Stephanorhinus etruscus*-ősorrszarvú helyébe a következő időszakban annak erősen megnagyobbodott termetű utóda *(S. kirchbergensis)* lép. Ennek helyét viszont az utolsó eljegesedésben egyetlen és uralkodó orrszarvúként az északkelet-ázsiai származású gyapjas-orrszarvú *(Coelodonta antiquitatis)* foglalja el.

Ezek a korabeli eltérések azonban csak Közép-Európában és Dél-Angliában tapasztalhatók így; Dél-Európában már eléggé használhatatlan ez az elválasztás.

Az egyetlen, e korból szóbajövő fauna, amelyet nem földközi-tengeri területről ismerünk: a még feldolgozatlan Budapest-vidéki solymári lelet. Innen a kor jellemző orrszarvú-faja *(Stephanorhinus kirchbergensis)* mellől jávorszarvas, bölény, gímszarvas stb. leletek, és rendkívül gazdag egyedszámú apróemlős-fauna került felszínre. Ennek legjellemzőbb vonása a ma is ezen a területen élő fauna-elemekkel való messzemenő hasonlóság. Eltérő tagjai ennek a faunának gyakorlatilag csak a *Lagurus* nemzetségbe sorolható pocokfélék, melyek az utolsó eljegesedés idején eltűntek a magyar kisemlős-faunából.

Miután azonban az utolsó eljegesedést bevezető melegebb szakasz emlősfaunái más faunákkal szemben a maival fennálló közeli kapcsolataikkal tűnnek ki, kiderül, hogy a solymári faunának ez a jellege is közös tulajdonsága mindkét utolsó eljegesedés közötti „melegebb" szakasznak.

Mindezt egybevetve tehát elmondhatjuk, hogy fennáll egy alsó jégkorszak — vagyis bihari — utáni, harmadik jégkorszaki önálló fauna- szakasz lehetősége. Ezt azonban a két vastagbőrű, az elefánt és az ormányos egyedül még nem igazolhatja. Fejezetünk címének kérdőjele tehát továbbra is ott marad mindaddig, amíg szerencsés leletek és jellemző rétegsorok nem igazolják vagy cáfolják az itt vitatott kérdéseket.

A csúcson

A jégkorszak utolsó fauna-szakaszából jóval több leletet ismerünk, mint három megelőző korszakából együttvéve. Ennek természetesen megvannak az okai. Elsősorban ezek valamennyi közt a felszínhez legközelebb fekvő, tehát leghamarabb felszínre is kerülő maradványok. A másik ok pedig az a tény, hogy ezt nem követte újabb eljegesedés, amely lepusztította volna az ebből a korból származó képződményeket.

Ezért fauna-történetileg ezt az időszakot ismerjük legjobban az eddig tárgyal-

tak közül. Ha itt valami hiányolni valónk van, az az időszakot bevezető melegebb szakasz faunájának az ismerete. Ezt a faunát ugyanis csak igen ritkán sikerült felfedezni. A faunák zöme a hideg szakaszokra, illetve az azokat elválasztó enyhébb éghajlatú köztes időre, az ún. „interstadiális"-ra esik.

Ebben az időszakban azonban nemcsak emlős-faunára támaszkodhatunk, hanem ősrégészeti anyagra is.

Feltétlenül sokat köszönhetünk a paleobotanikának, vagyis az ősnövénytannak is az uralkodó éghajlati viszonyok tisztázásában. Még egyáltalában nem olyan régen a botanikus igen fáradságos munkával metszeteket készített az ősemberi telepek tűzhely-maradványai közt talált széndarabkákból, s a régész és a fauna-búvár számára megmondta, hogy fenyőféle, nyír, vagy milyen más fafaj elszenesedett darabja volt a leletben. Ebből egészen új távlatokat merített mindkét kutatás a jövőre nézve.

A másik, jelentőségében az előbbit sokszorosan felülmúló segítséget a fosszilis pollen-vizsgálatok bevezetésével, általánosításával, főleg azonban ezek mennyiségi-statisztikus kiépítésével nyújtotta a botanika.

Az 50-es évek közepén a statisztikus fauna-elemzés módszerének alkalmazása az alsó negyedkori emlős-faunákról azt derítette ki, hogy ezek gyors váltakozásuk következtében a mennyiségi vizsgálatokkal nemcsak a klímajelleg-meghatározásra, hanem igen finom korhatározásra is alkalmasak.

Ennek a korhatározásnak és a vele összefüggő éghajlat-rekonstrukciónak az alapja az egyes időszakok rendkívül gazdag apróemlős-faunája, elsősorban a pocok-fauna, amely számos okból rendkívül alkalmas ilyen vizsgálatokra. Alkalmasságának alapja tömeges jelentkezése a faunában, aminek következményeként a legáltalánosabb ragadozó-táplálék, ezek közt is a bagolyféléknek leggyakoribb prédája. A baglyok szőröstől-bőröstől nyelik le az állatokat, s az emészthetetlen maradékot (toll, szőr és csont) pihenőhelyükön, illetve búvóhelyükön galacsinok (ún. köpetek) formájában kiöklendezik. Ezt tették a földtörténeti múlt baglyai is. Így a barlangokban, sziklafülkékben, ahol hajdan baglyok tanyáztak, a rétegek az elhullajtott és később betemetett bagolyköpeteket ezerszámra őrizték meg, bennük az apróemlősök, kis madarak tízezreinek csontjait.

Miután a baglyok mindenféle pockot egyformán vadásznak, az egyes pocokfajok arányszáma a bagolyköpet-anyagokban körülbelül az akkori tényleges gyakoriságuk arányát is jelzik. Ha tehát egy pocokfaj a bagolyköpetekből származó anyagban tömegesen fordul elő, egy másik viszont csak ritkaságképpen, akkor biztosak lehetünk abban, hogy a két faj körülbelül ugyanilyen arányban volt azon a vidéken elterjedve.

Mármost, ha egy csontlelőhely rétegsorát szintenként begyűjtjük és azt tapasztaljuk, hogy a bennük talált pocokfajok egyedszám-aránya szintről szintre változik, — nincs más dolgunk, mint megfigyelni, hogy a csökkenő illetve emelkedő példányszámú fajok ma milyen környezeti viszonyokra jellemzők. Ezúton máris szintről szintre rekonstruálhatjuk a rétegek keletkezési időszakaiban uralkodott éghajlati, sőt növényzeti viszonyokat is.

Ha pedig gondosan rögzítjük az egyes fajok hőmérsékleti igényeinek adatait, akkor ezeket az egyes fajok egyedszámának arányával összevetve, a szóban forgó időszakok uralkodó hőmérsékletének adatait is megismerhetjük.

Ezzel a módszerrel (a pocokfajok mennyiségi arányát véve alapul) Közép-Európa fauna-történetének menetéről az utolsó eljegesedés idejére a következőket állapíthatjuk meg.

Közvetlenül csatlakozva az utolsó jégközi szakaszban uralkodó, a maitól valószínűleg alig különböző éghajlat alatt élt faunához — azt látjuk, hogy alul a ma is élő

mezei pocok *(Microtus arvalis)* szinte kizárólagos tömegével kezdődik a rétegsor. Fölfelé haladva a rétegekben a mezei pocok uralkodó szerepe lassan eltűnik s helyét fokozatosan átveszi a mind hidegebb éghajlatra jellemző patkányfejű pocok *(M. oeconomus)*, a havasi pocok *(M. nivalis)* és a tundrapocok *(M. gregalis)*. Végül a jeges tundrák kizárólagos lakója, az örvös lemming *(Dicrostonyx torquatus)* az uralkodó faj. Ez a szerepcsere azonban nem egyenletesen, folyamatos vonalban megy végbe, hanem visszaesésekkel, előreugrásokkal találkozunk. Minden egyes visszaesés és előreugrás jellemző éghajlati változást jelez, amit leginkább az észak-európai nagy jégtábla szélének előre-hátra való mozdulása eredményezett.

Az utolsó eljegesedés folyamán csak két jelentős hideg-kilengést *(stadiálist)* tapasztalunk, és egy kisebb hideg-kilengésektől megszakított viszonylagos felmelegedést *(interstadiálist)*. Mindezek a kisebb-nagyobb kilengések ugyanígy követik egymást az északi nagy szárazföldi jégtakaró peremének mozgásaiban, a jég időszakos leolvadási és előnyomulási szakaszaiban, jelezve, hogy az állatok azonos jelenségekre azonos módon reagálnak.

A bemutatott fauna-görbéből faunatörténetileg még érdekes, hogy az utolsó eljegesedés idején, a szárazföldi jég előnyomulásától vagy visszahúzódásától függően törnek be a mérsékelt övi fajokkal jellemzett faunába a hideg füves-puszta, majd a jeges tundra pocokfélei, illetve lemming-fajai. Mellettük a hideg-pusztai füttyentőnyúlak *(Ochotona)* nagyfokú előretörése mutatja, hogy még az eljegesedés legszélsőségesebb szakaszában sem hasonlított Közép-Európa a mai vízállásos jeges-tundrához, hanem sokkal inkább valami jeges-pusztai jelleget öltött.

Amikor a nagyemlős-fauna eddig alkalmazott megbeszélése helyett a kisemlősfauna földtörténeti és fauna-történeti alakulását hoztuk előtérbe, akkor valójában az volt a szándékunk, hogy az éghajlati kilengésekben oly változatos és a fauna fejlődését, illetve a fauna összetételbeli kilengéseit vázoló keretet adjunk a nagyemlős-faunában is látható változékonyság ismertetéséhez.

Ha a jégkorszak *utolsó* szakaszának fauna-képét összefoglalóan akarjuk jellemezni, akkor a következőket kell kiemelnünk.

A melegebb időszakok faunái a kétéltűek közül telítve vannak ősvarangymaradványokkal, míg a hideg szakaszok egyetlen eddig ismert békafaja, a *Rana méhelyi* a valamennyi élő kétéltű közt a legmagasabb északra felhatoló barna békák legközelebbi rokona.

A meleg időszakban a hüllők közül a görög teknős *(Testudo hermanni)* felbukkanása a Komárom és Esztergom magasságában fekvő süttői faunában jelzi, hogy ez az Aldunától északra ma nem található állat akkor még sokkal északabbra is honos volt.

A hideg szakaszokban természetesen semmiféle hüllő nem éri el Közép-Európát.

Igen jellegzetes madárvilága van az utolsó eljegesedés időszakának. Kár, hogy a bevezető meleg időszak madár-faunáját még nem ismerjük.

A hideg időszak faunájában a madárvilágot számos jellemző alak képviseli. Ezek nemcsak megjelenésükkel, hanem sokkal inkább a maitól nagyban eltérő gyakorisági viszonyaikkal tűnnek ki. Legjellemzőbb alakjaik a nagy tömegekben elszaporodott fajdfélék, az enyhébb időszakokban a siket-*(Tetrao urogallus)* és nyírfajd *(Lyrurus tetrix)*, a leghidegebb szakaszokban pedig a hófajdok *(Lagopus)*. Ezek mellett a hóbagoly *(Nyctea)*, az északi vidékek számos ragadozó madara, lúd- és kacsaféléje, havasi szajkó és mások egészítik ki az erősen északivá váló madárvilágot. A füves-pusztai befejező szakasz rövid átmeneti időszakában pedig olyan jellegzetes pusztai alakok is felbukkannak, mint a keleti füves sztyeppek pusztai talpastyúkja *(Syrrhaptes paradoxa)*.

Bár a madárvilág a maga óriási mozgékonyságával, vándorló készségével is mutatja az éghajlat nagyfokú hullámzását, — sokszorosan kiütközik ez az emlősfauna alakulásában. Amint az éghajlat zordabbra fordul, gyorsan eltűnnek a rovarevő-faunából a fehérfogú cickányok *(Crocidura)*. Az időszak még zordabb szakaszaiban már a vörösfogú cickányok *(Sorex, Neomys)* is ritka vendégekké válnak.

Az utolsó eljegesedésben lezajlott hatalmas éghajlati változásokat a rágcsálók mennyiségi aránya jellemzi a legjobban. Ennek megfelelően összetétele is a bevezető meleg szakaszban Európa akkori szárazabb éghajlati viszonyait visszatükröző, inkább pusztai mérsékelt égövi rágcsáló-faunának felel meg.

Az éghajlat hidegre fordulásával eltűnnek az összes hőigényesebb rágcsálók, a közönséges hörcsög, a délibb elterjedésű pocokfajok, és végül szinte már csak az északi jeges-puszták éghajlati viszonyait tűrő néhány pocokféle — havasi- és tundrapocok, örvöslemming — tömegei képviselik a rágcsálókat, igazi jeges-pusztai képet nyújtva a sarki hófajd tömegei mellett.

Nem tudjuk, vajon az utolsó eljegesedést megelőző és bevezető szakaszban a nyulakat a mezei nyúl *(Lepus europaeus)* képviselte-e nálunk. Arról azonban már igen pontosan tájékozva vagyunk, hogy a jég egész előnyomulási időszaka alatt kizárólagos európai nyúlfaj — a dél-európai sáv kivételével — a sarki nyúl *(Lepus timidus)* volt. Amikor a jégkorszak végével az éghajlat újra felmelegedett, nemegy sorstársával együtt ez is az Alpok — és más, a jéghatár fölé nyúló magashegységek — magas régióiba húzódott föl, ahol a mai napig fenntarthatta magát. Az ilyen alakokat hívjuk jégkorszaki maradvány-(reliktum) fajoknak. Ismerünk ilyeneket az emlősökön kívül mind az állat-, mind pedig a növényvilág legkülönbözőbb csoportjaiból.

Ha már a reliktum-fajokról beszélünk, meg kell emlékeznünk ezeknek egy furcsa csoportjáról is. Az egyik idevágó legjellemzőbb példa a havasi pocok. Az utolsó eljegesedés idején egész Európát és Délnyugat-Ázsiát elözönlötte, miután északi lakóterületéről délre szorult a jégtakaró délre nyomulása következtében. Amikor a jégtakaró visszahúzódott, a havasi pocok nem követte észak felé, ellenben mindenütt, ahol addigi elterjedése környékén magashegységek voltak, ezekre húzódott vissza. Így él ma egymástól sok száz, sőt sok ezer kilométernyi távolságra eső kis hegyvidéki elterjedés-szigeteken, mint a Földközi-tenger mellékén a Libanon-hegységben, ettől északkeletre a Kaukázus magashegységi övében, és az Alpok havasi, gyér füves foltjain. Pedig alig 20 000 évvel ezelőtt összefüggő elterjedésben népesítette be a kontinens nagy részét.

A nyúlformák közül meg kell még említeni a füttyentőnyúlat, ma Belső-Ázsia jellegzetes, alig hörcsögnagyságú, aprófülű kis nyúlféléjét *(Ochotona)*. Talán nem is egy, hanem két fajban végigkíséri az egész felső jégkorszakot Európában. Legnagyobb tömegekben a jég előnyomulásának maximális kilengéseit közvetlenül megelőző és követő, de még tundrai pockos-lemminges hideg szakaszaiban találkozunk vele, sőt átlépi a jelenkor alsó határát is, és csak annak korai meleg-maximuma előtt húzódik vissza.

A ragadozók uralkodó tömegben jelentkező alakja az utolsó eljegesedés legjellemzőbb és legismertebb állata: a barlangi medve *(Ursus spelaeus)*.

Százával-ezrével kerülnek elő a barlangi medve-lakta barlangokból e faj koponyái, csontvázai. Az ősember egyik legfontosabb prédaállata lehetett. Az ősember nem lakta medvebarlangokban összehalmozott töméntelen csontja azonban arra figyelmeztet, hogy — a csont felhalmozódásának tízezer évnyi idejét figyelembe véve — semmi esetre sem volt a barlangi medve gyakoribb a mai barnamedvénél, ha ez utóbbi olyan területeken él, ahol ember nem háborítja, korlátozza szaporodását.

A barlangi medve mellett a barlangokban egykor tanyázott nagyragadozók (barlangi farkas, barlangi oroszlán, barlangi hiéna) voltak még közönséges lakói ezeknek a barlangi faunáknak. Mellettük a róka, borz, kisebb menyétfélék, hiúz, vadmacska voltak a kísérő alakok.

Az eljegesedések hideg kilengés-maximumaiban a fölsorolt nagytermetű alakokon kívül az északi tűlevelű erdők jellegzetes vérengző ragadozója, a rozsomák *(Gulo)* s vele együtt a sarkiróka *(Leucocyon lagopus)* jelentették a fauna tundrával határos jellegét.

Egyik-másik jégkorszaki ragadozó nem érte meg itt az eljegesedés maximumát, hanem még előtte végleg eltűnt a faunából. Ilyen minden valószínűség szerint a barlangi hiéna.

A ragadozókénál sokkal jellegzetesebb ingadozásokat mutat a felső jégkorszak növényevő patásállat-faunája. Ez érthető, hiszen táplálékukon keresztül sokkal inkább függtek az éghajlati viszonyoktól, mint a ragadozók. Ha nem is minden tekintetben legjellemzőbb, de mindenképpen legismertebb alakjuk a mammut *(Mammuthus primigenius)* volt. Amennyiben ezt ma meg tudjuk ítélni, csordái legsűrűbben az utolsó eljegesedés előtti időkben népesítették be a szárazföldi jég kiterjedési területétől délre húzódó széles határsávot, Észak-Spanyolországtól Északkelet-Szibériáig. A jégkorszak végére számuk meggyérült; a befejező hideg szakasz idejéből már alig néhány hiteles korú leletét ismerjük Szibérián kívül.

Az utolsó eljegesedést már csak a gyapjas orrszarvú éri meg; úgy látszik, ki is tartott az utolsó hideg-kilengésig.

Egyelőre nincs tisztázva a lovak szerepe az utolsó jégkorszakban; csak annyit tudunk, hogy nagytermetű, hidegvérű és könnyű testű lófajok éltek. Az utolsó eljegesedés elején még élt egy szamárfaj *(Asinus hydruntinus)*, mely a jégkorszak további, befejező szakaszából már hiányzik Európában.

A szarvasfélék még mindig nem kevesebb, mint 6 különböző nemzetségből kerülnek ki. Ekkor már él mai szálerdeink nagyvadja, a gímszarvas *(Cervus elaphus)*, a bozótosabb vidéken az őz *(Capreolus capreolus)*, a délibb jellegű lapátos dámszarvas *(Dama dama)*. Mellettük az alsó jégkorszak óta itt él az óriásgím *(Megaloceros giganteus)*, továbbá a ma már csak az északi nyíres-lápos erdőket lakó jávorszarvas *(Alces alces)*, és az eljegesedés hideg-kilengéseinek maximumában az északi tundrás-nyíres területek rénszarvasa *(Rangifer tarandus)*. Az utóbbi fokozatosan átveszi a barlangi medve uralkodó szerepét a leletanyagban is, és az utolsó hideg hullám idején a leletek makrofauna-anyagának néha 90%-át teszik ki.

Magashegységeink sziklás vadonjaiban a kőszáli kecske *(Capra ibex)* és a zerge *(Rupicapra rupicapra)* élt az utolsó eljegesedés idején. A valódi tulkok közül az őstulok *(Bos primigenius)* és a nálunk sokkal gyakoribb ősbölény *(Bison priscus)* tömege egészíti ki a képet. Kettőjük közül különösen az előbbi szerepe szorul még bizonyos tekintetben tisztázásra. Pontos korhatározású leletek hiányában nem tudjuk, mennyiben húzódik vissza a hidegebb időszakokban ez az eredetére délkeleti faj, illetve milyen kapcsolatban állt a jégkorszak után nagy tömegekben található, tőle jóformán semmiben sem különböző, a XVIII. századig élt jelenkori őstulokkal.

Legvégül említsük meg a hideg előretörések faunájában a sarki hófajd, a tundrapocok, az örvöslemming, a sarkinyúl, a rozsomák, a sarkiróka és a rénszarvas méltó társát a tulokfélék közt, a grönlandi és kanadai tundrák jellegzetes lakóját: a pézsmatulkot *(Ovibos moschatus)*. Ennek az északi kérődzőnek a hazai előfordulása is azt igazolja, hogy Magyarország a jégkorszak utolsó, legszélsőségesebb hideg-kilengése idején +12 C°-ot alig meghaladó júliusi középhőmérsékletével a fenyő-nyírerdők és tundra elterjedési területének a határán feküdt.

Fejezetünknek „A csúcson" címet adtuk. Ezt akkor értjük meg igazán, ha egy gyors pillantást vetünk arra a fejlődésre, amelyet a gerinces fauna a harmadkor elejétől-közepétől az utolsó eljegesedés záró hideg kilengéséig megtett.

Ne mélyedjünk el túlságosan a részletekben, csupán néhány példát ragadjunk ki a fejlődésből. Akárhová nézünk, mindenütt mélyen a harmadkor kezdetéig visszanyúló fejlődés legmagasabb fokán álló alakokba ütközünk itt a jégkorszak záró szakaszán. A mammut — az oligocén eleje óta nyomon követett ormányosok fejlődésének csúcspontját jelenti, nemcsak teljes felépítésében, hanem a tundrát megközelítő hideg éghajlat viszontagságaihoz való alkalmazkodásában is. Hol van ettől a forró égövek alatt élő két elefántfaj?

Vagy nézzük a ragadozókat: barlangi oroszlán, barlangi medve, barlangi hiéna. Valamennyien a harmadkorba mélyen benyúló fejlődésnek a ma élő képviselőket méretekre, fejlettségre, a hideghez való alkalmazkodásban messze felülmúló képviselői.

De ott vannak a pockok, a rágcsálók hosszú fejlődésének csúcspontján álló, életmódjuk követelményeihez a legmagasabb fokon alkalmazkodott példányai. Ezek közül a csúcson a pockok között is legtökéletesebb alakok — a tundrák gyilkos hidegével szemben is győzedelmeskedő lemmingek.

Vagy lássuk a sok, ma is élő, de a jégkorszak csúcsán megszerzett legmagasabb fokú alkalmazkodás eredményeként ma a szinte élettelen sarkvidéket birtokába vevő többi állatot, amilyen a hófajd, a sarkinyúl, a sarkiróka, a rénszarvas, és a pézsmatulok.

Valamennyi faj valahol a meleg égöv alatt indult fejlődésnek, hogy sok évmillió után, fejlődése csúcspontján, a jégkorszak végén érje el azt a fejlettséget, amely képessé teszi az élővilág számára addig hozzáférhetetlen jeges tájak, a sarkvidékek birodalmának a meghódítására.

Igen! Ez itt a következő kérdés, amiért tulajdonképpen az egész problémát fel kellett vetnünk. Mi lett azokkal az alakokkal (barlangi oroszlán, barlangi hiéna, gyapjas orrszarvú, vagy a mammut), amelyek alkalmazkodtak a hideghez, de mégis kipusztultak, még pedig akkor, amikor az éghajlati viszonyok újra elviselhetővé váltak? Kipusztultak, míg a hatalmas alkalmazkodáson át nem ment rokonaik ma is ott élnek a forró égöveken, primitíven, kihalt rokonaik által végigfutott specializálódás és fejlődés minden nyoma nélkül.

Kimondhatjuk tehát, hogy az emlősök világa a jégkorszak legkiugróbb kilengésének csúcsán volt fejlődése legmagasabb pontján. A mai alakok csak a fejlődés utolsó szakaszairól lemaradt rokonai ezeknek. Amennyiben pedig ilyen, a fejlődés csúcspontjait elért alakokkal még találkozunk, ezek kivétel nélkül a sarkvidék jeges tundráira vagy ezek közelébe visszahúzódott típusok.

A jégkorszak legkiugróbb pontján az élet kialakulásának egy nagy szakasza is lezárult, a folytatás azonban korántsem erről a csúcsról halad tovább. A következő új korszak egy új fejlődés kezdetleges, de a további fejlődés korlátlan lehetőségeit magában hordozó, életerős törzseivel indul el világhódító útjára. Ennek a fejlődésnek a vezér-alakja ugyanis az emlősök egy sok tekintetben igen ősi jellegeket megőrzött ágából alakult. Tulajdonságaik azonban — éppen specializálatlanságukban rejlő lehetőségeiken keresztül — alkalmasak arra, hogy az emlősök világának jégkorszak-végi csúcspontja után kialakítsák a maguk merőben új világát — az *emberét*.

De míg az emlősök egy csoportja az ember világává alakulhat át, addig még sok minden történik (nem is annyira időben, mint inkább eseményekben), ami még ide kívánkozik.

Nem a mi feladatunk eldönteni, hogy mi idézte elő a jégkorszak legkiugróbb hideg-csúcsát követően a szárazföldi jégtakaró helyenként 2—3 km vastagságú jégpáncéljának alig 2—3 ezer év alatt végbement visszahúzódását, illetve elolvadását. Bennünket most elsősorban az érdekel, hogy ez kb. 18—19 ezer évvel ezelőtt indult meg. Ezt a fauna gyors átalakulásán pontosan észlelhetjük.

A jégkorszak végén bekövetkezett hirtelen felmelegedés olyan messzemenő változásokat okozott mind a növényvilág, mind pedig az állatvilág képében, amilyent a legnagyobb lehülés sem tudott addig létrehozni. Sorra eltűntek a faunából a magasan specializált hidegtűrő alakok (mammut, gyapjas orrszarvú, nagytermetű és nehéztestű lófajták, óriásgím, barlangi medve, barlangi oroszlán, barlangi hiéna). Ugyanakkor más fajok messze északra húzódtak vissza, ahol jégkorszakvégi hőmérsékleti viszonyokat biztosíthattak maguknak (tundrapocok, örvöslemming, sarkinyúl, sarkiróka, rénszarvas, pézsmatulok).

Megint mások a környező magashegységek jégmezői közé menekültek föl, ahol megtalálták a jégkorszak végső szakaszában síkvidékeinken uralkodó éghajlati és növényzeti viszonyokat, vagy legalábbis ezekhez annyira hasonlókat, hogy fennmaradásuk biztosítva volt. Ilyenek pl. a marmota, a havasipocok, a sarkinyúl alpi változata, a kőszáli kecske, a zerge, a hófajd és sok más állat.

Ami azonban ebből a „veszteség-listából" a legfeltűnőbb, az a közhiedelemben a forró égövhöz kötött állatcsoportok jégkorszakvégi képviselőinek hirtelen kipusztulása a jelenkor elejét bevezető hirtelen felmelegedéskor.

Tekintsük át, milyen állatok pusztultak ki ekkor?

A mammut — tehát elefánt. Rokonai India-Hátsóindia és Afrika forró égövi erdeiben élnek.

A gyapjas orrszarvú — amelynek mai rokonai, az orrszarvúak India, Indonézia és Afrika ismét csak forró égövi területein élnek.

A barlangi oroszlán és a barlangi hiéna — mindkettő rokonai, az oroszlán és a foltos hiéna egyformán meleg égövi állatok.

Mi ennek a magyarázata? Talán ezek nem voltak hideg éghajlatot elviselő állatok?

De azok voltak. A magyarázat egészen másban keresendő.

Mindezek az állatok egy hosszú, nem egy esetben 40—50 millió éves fejlődés végére jutott, specializálódása folyamán a sarkköri hideg éghajlathoz alkalmazkodott, magasfejlettségű fajok. Éppúgy, mint a többi, ha nem is forró égövi rokonságú, de egy bizonyos fejlődés csúcsára eljutott állat, amely szintén kihal, mint pl. az óriásgím.

Ha megnézzük ezeket az állatfajokat, azt tapasztaljuk, hogy nagy részük hosszú fejlődésen átment, valaha virágzó, gazdagon elágazott változatos fejlődési ág néhány maradék-típusának egyike vagy talán utolsó fennmaradt tagja.

A mammut, a gyapjas orrszarvú, az óriástulok kihalt, a bölény gyakorlatilag ugyanerre a sorsra jutott (mesterséges életbentartása sem változtat már lényegesen ezen a tényen). De nemcsak ezek haltak ki, hanem igen rövid idő kérdése, hogy az ormányosok 2 fajra összeszűkült, valaha virágzó törzse, s az orrszarvúak ugyanígy 4 fajra leolvadt nagy fajgazdagsága végére pontot tegyünk. Folytathatnánk még, de ebből is látszik, hogy faunánk éppen legfejlettebb nagyemlősei a rohamos kihalás határára értek, ha ugyan ki nem haltak már. Pedig mindeddig még nem is említettük az ember szerepét az állatok kiirtásában, kiszorításában.

De tévednénk, ha azt hinnénk, hogy a jégkorszak vége egyedül okoz eltolódást a

faunában. Nem. Eltolódások állandóan bekövetkeznek, mert nemcsak a hatalmas klímaforradalmak hatnak átalakítólag a fauna összességére. Sokkal kisebb éghajlati, növényzeti eltolódások is már éreztetik hatásukat az élővilág összetételében.

Így a magyar faunában még a jelenkor elején ott volt néhány, a jégkorszak végét átélt faj, mint a füttyentőnyúl *(Ochotona)*, a törpehörcsög *(Cricetulus)* stb. Ezek tudvalevőleg ma a belső-ázsiai füves-puszta lakói, részben Dél-Oroszországban is élnek *(Cricetulus)*. Mármost a jégkorszak utáni meleg atlantikum időszakban ezek még itt éltek, mert 5—6 ezer évvel ezelőtt területünkön elég száraz volt az éghajlat. Közben azonban 1—2 évezredre lehült és csapadékossá vált az éghajlatunk. Ennek következtében hirtelen eltüntek a füvespuszta jellemző állatai, vagy legalábbis megritkultak. Csak mintegy 2000 évvel ezelőtt kezdtek újra visszaszállingózni, amikor a mezőgazdaság térfoglalása révén fokozatosan mind jobban előnyomult az erdőséggel szemben a megművelt terület, a kultúrsztyepp. A hörcsög és más állatok akkor megindult visszatelepülése ma is tart még, csakhogy az előnyomulás frontja már valahol Belgiumban van. Közben természetesen néhány füvespusztai állat — mint pl. a törpehörcsög és a füttyentőnyúl — nem jött vissza. Ezek faunánkból végérvényesen kihullottak.

Ugyanakkor azonban állandóan — ma is — tart az új állatok beáramlása. Így valamennyien tudjuk, hogy a balkáni kacagógerle, a szíriai harkály és más fajok a legutóbbi időkben érték el országunk területét, s részben már túl is terjedtek rajta.

Nincs megállás! Állatfajok tűnnek el — rendszerint külső, éghajlati hatásra —, s új fajok foglalják el a helyüket. Ez állandóan folyik, ha nem is azonos ütemben.

A jégkorszak nagyemlősei nem jönnek többé vissza. Viszahúzódtak — ha ki nem pusztultak —, hogy rövidesen összeszűkült elterjedési területükön is kipusztuljanak. Helyük a fauna-képben üresen marad; nincs utánpótlás. Ez az üres hely zoológiailag mind fokozottabb mértékben vezet el a telítetlen faunákhoz.

De vajon valóban telítetlen marad az a hely?

Nem, mert helyét új elem foglalja el: az ember. Ahol megjelenik, ott gyorsan átalakul a fauna, amelynek középpontjában maga az ember áll, kíséretében pedig a régi faunából csak azok maradnak meg, amelyeket ő eltűr és amelyek őt eltűrik a közelükben.

Így alakul a fauna összetétele, hol gyorsabban, hol lassabban, de folyamatosan.

Hová és meddig? Erre ma még nehéz válaszolni, körvonalai azonban máris kezdenek kibontakozni: rohamosan formálódik egy új fauna-kép, amelynek középpontjában mindenütt az ember áll, s amelyet az emlős és más faunák megmaradt töredékei egészítenek ki.

Ennek a fejlődésnek törvényeit azonban már nem a természet, hanem maga az ember írja.

Ötödik rész

ÉLET ÉS HALÁL AZ ŐSVILÁGBAN

Írta:

Tasnádi Kubacska András

„Az őslénytan a múlt biológiája, s a megkövesült állat csak abban különbözik az élőtől, hogy nem napokkal, hanem földtani korszakokkal előbb pusztult el."

(Thomas Huxley)

HÁROM ŐSÉLETBÚVÁR

A XVIII. században és a XIX. század elején, amikor az első őslénytani vizsgálatok megkezdődtek, a kutatók igyekezete és erőfeszítése kimerült az ősnövényi és ősállati maradványok alakjainak leírásában, a test bonctani felépítésének egyhangú, lélektelen tanulmányozásában. Kevesen akadtak, akik a maradványokban nem csupán a test élettelen, kővévált roncsait, hanem az örökösen alakuló, fejlődő ősvilág hírnökeit, a lélegző, érző, táplálkozó és növekedő növényi és állati test bizonyítékait látták. Ezek a kutatók voltak az ősvilág igazi varázslói, akik szemünk elé idézték a múlt sötétségéből az életet, akik rájöttek arra, hogy az élő anyag, amelyből a test felépült, számos maradandó jelet hagyott hátra a kövesedett csonton, kagylóteknőn, csigaházon, amiből a szervezet működésének sok titkát fejthetjük meg. Nemcsak az alacsonyabbrendű gerinctelen állatokon van ez így, amilyen például a kagyló vagy a tengeri sün, hanem a melegvérű gerinces állatokon is, amelyek pedig magasan állottak már a törzsfejlődés lépcsősorán.

Igazi változást a kutatási módszerek és a vizsgálatok szellemének fejlődése terén csak a múlt század hetvenes évei hoztak, amikor Vlagyimir *Kovalevszkij* az egész őslénytant a modern szellemű fejlődéstani és élettani kutatások szolgálatába állította. Néhány esztendő alatt óriási haladás következett be.

Kovalevszkij kékszemű, vörös szakállú, fehérbőrű, megnyerő arcú férfi volt. Olyasvalaki, aki az első szempillantásra bizalmat ébresztett embertársaiban. Ha kezünkbe vesszük egyetlen megmaradt fényképét, egy lángelme és egy gyermek szeme néz ránk (l. IX. tábla.)

Végzete korán elragadta. Ám alig temették el, egy másik, nem kevésbé zseniális őséletbúvár, a belga Louis *Dollo* lépett a nyomába, s kutatta tovább az őséletttudomány igazságait. Egész életét az őslények titokzatos világának szentelte. Fontos vizsgálatokat végzett, és nagyszerű egybevetések segítségével — amelyekben a kihalt és élő szervezetek között fennálló párhuzamokkal foglalkozott — tisztázott sok fejlődéstani kérdést. (X. tábla.)

Túl vagyunk már a századfordulón, s az őséletttudomány rendkívüli iramban tör előre. *„Nincs különbség az élő és a kihalt szervezetek biológiája között"*, hangoztatja *Huxley* mondását — *Kovalevszkij* és *Dollo* tanítása nyomán — az őséletttudomány. S ekkor, 1912 tavaszán megjelenik az osztrák Othenio *Abel* (XI. tábla,) alapvető könyve: A Gerinces állatok Paleobiológiája, — az élő és a kihalt szervezetek élettanának mesteri összefoglalása.

*Abel*nek kutatói tehetségén kívül nagy írói készsége volt, s művét a szakemberek kicsiny körén kívül a nagyközönség széles rétegei is olvasták. Az ütközetet tulajdonképpen ő nyerte meg az őséletttan számára, mert ez a tudományág az ő segítségével jutott a biológiai tudományok legmagasabb szintjére.

Vlagyimir Kovalevszkij
(1843 — 1883)

Amikor *Kovalevszkij* az európai őslénytani kutatás porondján megjelent, nyomban nekivágott a frissen felfedezett ősvilági út bejárásának. Ismerte ő is az összehasonlító bonctant, tisztában volt az állati test felépítésével, de az ő számára az ősállati csont alakja, finomabb vagy durvább szerkezeti felépítése, ízületei, izomtapadási dudorai vagy gödröcskéi már mind egy-egy *élettani* jelenség magyarázatát őrizték. Munkássága két kort kapcsolt össze: a tisztán leíró őslénytani tudomány korát — a természet törvényeit kutató, az élet fejlődését bizonyító ősélettani vizsgálatok korával. Tudatában volt annak, hogy az őslénytanból kiindulva egy egészen új világnak, a leíró őslénytant mint részt magában foglaló teljes tudományszaknak, az őséléttudománynak vagy paleobiológiának az alapjait kell megteremtenie. Semmi sem bizonyítja ezt jobban *Darwin*hoz intézett levelénél.

„*Az Ön által kifejtett alapelvek továbbépítése, világos és kétségbevonhatatlan példákkal való alátámasztása új útra tereli az őslénytant is. Én bizalommal tekintek a jövőbe, amelyben valamennyi élőlény leszármazása ugyanolyan egyszerű és tisztán kimutatható lesz, mint azé a csoporté, amelyet dolgozatomban éppen kifejtek. Néhány ilyen származási vonal, ha halványan is, de már felismerhető, és remélem, hogy a jövőben módomban lesz Önnel több kérdést downi barátságos magányában megbeszélnem, amint az itt tárgyalt kérdések egyikét-másikát is megbeszéltük.*"

Mik ezek a kérdések és milyen gondolatok foglalkoztatták őt, az őséletkutatót, azt egyik tudományos művében részletesen kifejtette. „*Az összehasonlító bonctan eredményeinek mai állása mellett sokkal nagyobb követelményt kell támasztanunk az őslénytani kutatásokkal szemben, mint néhány évvel ezelőtt gondoltuk volna. A tudósok nagy része nem elégszik meg a merőben leíró munkával. A kihalt állatok maradványait nemcsak le kell írni, hanem értelmezni is kell, és éppen ebben rejlik a mai őslénytan egyik legnehezebb, egyben leghálásabb feladata.*"

Kovalevszkij tudományos munkásságának néhány esztendeje alatt elszántan igyekezett a meglevő töredékes ősmaradványok segítségével megismerni és megismertetni mindazt, ami figyelmét lekötötte, szellemét elbűvölte. Mindössze 6 értekezést hagyott ránk. Első jelentős művét 33 éves fővel írta, és 41 éves korában már halott volt.

Kortársai kiváló szakembernek tartották, az őslénytan és ősélettan művelő :pedig ma — a belga *Dollo* mellett — egy egész évszázad őslénytani kutatásának legnagyobb mesterét látják benne, akinek szava az idő egyre növekvő távolságán át is fokozódó erővel hirdeti a fejlődéstan igazságait.

Mi az, amiről beszélt?

Megírta az őslénytan legklasszikusabb állatcsoportjának, a patásoknak az őstörténetét, s ezzel világosságot derített az egész tudományág egyik legszövevényesebb és legszerteágazóbb kérdésére.

Az eocén korszak derekán, mintegy 50—55 millió évvel ezelőtt feltűnt ősállatokról volt szó. A földtörténet egymást követő korszakainak szárazföldi lerakódásaiból ismert őspatások széleskörű rokonságának csontmaradványain lépésről lépésre nyomozható a csontváz folyamatos átalakulása, mégpedig a környezet és a táplálék bizonyos fokú, szintén folyamatos és állandóan ható változásaival kapcsolatban.

Kovalevszkij mondta ki első ízben a nagy igazságot, hogy eredetileg a patásállatok végtagja is ötujjú volt. De ugyancsak ő állapította meg azt is, hogy a patásállatok zápfoga a törzsfejlődés kezdetén alacsony koronájú, és csak a növényi táplálék minőségéhez alkalmazkodva nyúlt meg a fogak koronája. Az eocén lóős zápfogán még

gumók zúzták össze a lágyabb táplálékot, s csak később, az oligocén őslovainak fogán alakult ki a gumókból zománchurkos rágófelszín, amely a fűfélék kemény, kovás szárát és levelét könnyebben őrölte meg, tehát legelésre alkalmasabb lett.

Ma tudjuk, hogy az eocén korszak derekán még nem éltek olyan ős-fűfélék, amelyek tömeges elterjedéssel legelésre alkalmas gyepet alkottak volna. Ezek csak később fejlődtek ki. Ám 1876-ban minderre bizonyos emlősállatok fogainak a vizsgálatából visszakövetkeztetni merész dolog volt, s a tudományos gondolkodásnak, a természeti jelenségek és törvények kutatásának és a dolgok helyes magyarázatának mesteri bonyolítására vallott.

Ma persze nemigen gondolunk már arra, milyen merőben más úton haladt az őslénytan művelése a származástan, illetve fejlődéstan megteremtése előtt, amikor a régi világnak, a Cuvier-féle leíró tudománynak a varázsa még nem tört meg. A változás okát az őslénytanban is *Darwin*nak és követőinek, köztük *Kovalevszkij*nek a munkáiban találjuk meg. Amazok kezén még akárhányszor egybemosódik a valóság a képzelettel, ha a természeti jelenségek magyarázatára adják fejüket. *Kovalevszkij* kezén az állati csont már bonyolult mechanizmussá válik. Az ősállat csontvázából már kiolvassa a törzsfejlődés folyamán végbement változásokat, következtetni tud az ősökre, sőt a környezetre: az éghajlatra vagy a növényzetre is. Az ő nyomán a szakemberek már meg tudják mondani, hogy füves síkságon, bozótos erdőszegélyen, kemény talajon vagy mocsaras, süppedő tájon élt-e az állat. Tudják, hogy száraz, esetleg sivatagi éghajlat, vagy párás, meleg, sőt trópusi klíma uralkodott körülötte, s ha mindehhez alkalmazkodott a szervezete, akkor a nemzetség vagy faj a földtörténeti idők folyamán hosszan megmaradhatott, ha pedig nem, — kiveszett. Az alkalmazkodás, az *adaptáció* és az alkalmazkodni nem tudás, az *inadaptáció* fogalmát is *Kovalevszkij* vezette be az őslénytanba.

Így határozza meg a nemzetség vagy a faj kipusztulásának törvényét: „*Az öröklött tulajdonságok megmaradását, a szervezetnek az új viszonyokhoz való alkalmazkodási képtelenségét mondom inadaptációnak és azokat a nemzetségeket, amelyek ilyetén merevek, alakulásra képtelenek, inadaptív nemzetségeknek nevezem.*"

Ez a fogalmazás — állapítja meg *Lambrecht* Kálmán, *Kovalevszkij* kitűnő magyar életrajzírója — még a tájékozatlan olvasó számára is érthetővé teszi, mekkora forradalmat jelentett az őslénytan történetében *Kovalevszkij* munkássága.

Amennyire világos, okfejtésében tökéletes *Kovalevszkij* írása, amennyire korát megelőzően fölényes a közlésmódja, annyira nyugtalan, furcsa, meglepetésekkel teli és váratlan fordulatokkal zsúfolt az élete. „*Bármilyen érdekes volt hallgatni Kovalevszkijt* — írta Oskar *Fraas*, a németek egyik legkiválóbb ősállat-kutatója —, *egyénisége valósággal félelmetes volt. Valami megfoghatatlan mohóság fejeződött ki rajta, ideges vágy mindent látni, s a tudomány valamennyi ágában egyaránt otthonosan mozogni.*" A moszkvai egyetemen tanított, de előadásaira ő maga járt a legrendetlenebbül. „*Nem volt pontos. Hallgatóit gyakran sokáig váratta. Nagy késéssel érkezik, köpenyben lép a terembe, kalapját hóna alatt szorongatja, s kezében egy fekete madártetemet tart. Az utcán döglött varjút talált, s magával hozta. Ragyogó szabadelőadást rögtönzött a gerinces állatok repülésének fejlődéséről, s a kuszált tollú szárnyakon szemléltette az elmondottakat.*"

Képzeljük magunk elé fekete taláros alakját, amint lázas elragadtatással magyaráz. Gondolatai egyenesen átsugároztak hallgatóiba. A nem várt, rögtönzött előadás remekbe formálódó mondatai kitörölhetetlen képeket rögzítettek a tanítványok emlékezetébe. Évtizedekkel halála után is beszéltek róla. Osztrákok, németek, belgák, angolok, oroszok foglalkoztak vele visszaemlékezéseikben. Amit elmondottak, az szolgál hídul *Kovalevszkij* életének, tetteinek és gondolatainak a megértésére.

Louis Dollo
(1857—1931)

1877-ben Belgium déli részén, a francia határ közelében, kréta időszaki képződményekbe telepített nagy kőszénbányában, 322 m mélységben hatalmas ősállatcsontokra bukkantak. A belga Akadémia és a brüsszeli Természettudományi Múzeum szakemberei preparátoraikkal együtt kiszálltak a helyszínre, s hónapokon át tartó hosszadalmas munkával kifejtették, majd 600 óriási gipsztömbbe ágyazva a felszínre szállították a kőszénbánya rejtélyes csontmaradványait. Több mint 110 000 kg súlyú anyag vándorolt a brüsszeli múzeum pincéjébe.

Ma egyetlen teremben 10 óriás kengurú-sárkánygyík (*Iguanodon*) álló csontváza, s 19 fekvő csontváz fogadja a látogatót. Aki belép, megrendülve, földbegyökerezett lábbal szemléli az ősvilági óriásokat. Ezeket a leleteket a legkiválóbb belga őséletbúvár, *Dollo* írta le korszakalkotó munkában. Munkái nemcsak a sárkánygyíkokkal foglalkozó szaktudománynak, hanem az egész őslénytudománynak is legkimagaslóbb termékei.

Dollo ugyanúgy, mint *Kovalevszkij*, nem elégedett meg a csontok puszta anatómiai vizsgálatával, a kenguru-sárkánygyík származásának, rokonsági kapcsolatainak a kutatásával, hanem a váz tüzetes vizsgálata után tisztázta a maradványokat bezáró kőzetrétegek keletkezésének körülményeit. Fontos élettani következtetéseket vont le a két hátsó végtagján járó és futó állat lábnyomaiból, s a testüregben, a gyomor helyén talált növényi maradványokból. Megállapította, hogy a kőszénbánya ősgyíkja 10 m hosszú növényevő óriás volt. Teste a szárazföldi és vízi élethez egyformán alkalmazkodott. A szárazföldön a tűlevelű fák hajtásainak legelése közben felágaskodva több méteres farkára támaszkodott, de a vízben a krokodiluséhoz hasonló lapos, széles farkával kitűnően úszott. Úszás közben a farok oldalmozgását hatalmas izomzat végezte, s az izomkötegek egy része a combcsont különleges, számfeletti bütykeire tapadt.

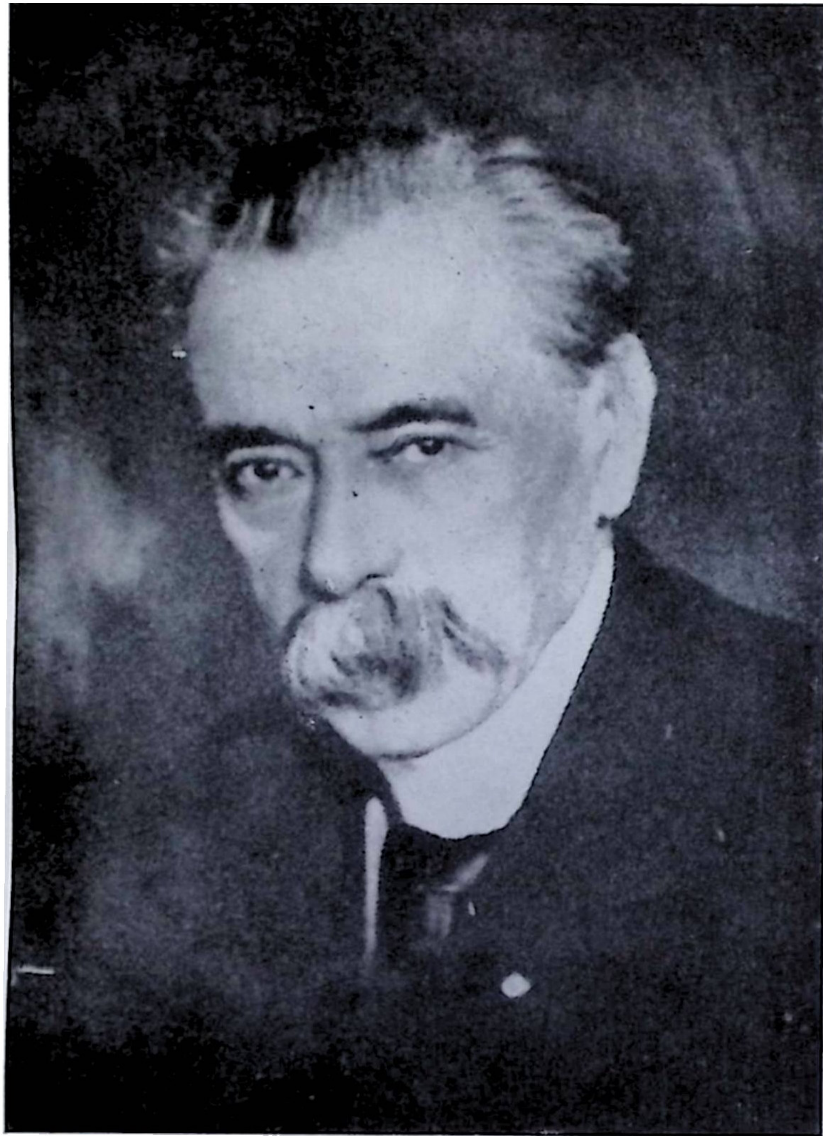
Dollo véleményét a szakemberek eleinte kétkedéssel fogadták. Ekkorra már Amerikában és Európában számos négy lábon járó, hosszú nyakú, hosszú farkú növényevő sárkánygyík óriás csontváza került napvilágra. Egy ismeretlen ősvilág bontakozott ki a tudósok és az érdeklődő nagyközönség szeme előtt. Csupa meglepő, érdekes és tanulságos ősállat-alak. Most kezdték csak sejteni, hogy a törékeny testű, hátulsó lábain ugráló, vagy egész életén át fán lakó ősgyíkokon kívül sok tonnás kolosszusok, rettentő fogazatú ragadozók, az emlősállatokra hasonlító gyíkszörnyetegek alakultak ki a sárkánygyíkok soraiban.

A szakemberek eleinte úgy gondolták, hogy ezek a nagytestű, 20—30 m hosszú és 8—10 m magas sárkánygyíkok szárazföldön, esetleg mocsarakban éltek, mígnem *Osborn*, a New York-i természettudományi múzeum igazgatója egyes sárkánygyík-csontvázakon kimutatta, hogy *Dollo*nak van igaza, mert a gyíkszörnyetegek teste remek példája az állati szervezet vízi életre áttérő alkalmazkodásának. A hosszú testű dinoszauruszokon a végtagok, a bordák és a farkcsigolyák tömörek, súlyosak, csontanyaguk elefántcsontszerű. Ez a rész került víz alá, ha az állat alámerült — ez volt a nehezék. Ami az óriási testből a vízvonal fölött állt ki, tehát a hát- és nyakcsigolyák sora, az a csontvázban könnyű, légüres szerkezetű. Ezért nevezte el *Osborn* egyik állatát *Camarosaurus*nak. (1. ábra.)

Ezt tudva biztosan állíthatjuk, hogy az állatok életük nagy részét vízben töltötték, és olykor azt is megmondhatjuk, hogy rendes körülmények között meddig merültek a mocsárba, a tóba vagy a tengerpart, esetleg laguna vizébe. Hosszú nyakukat felnyújtva 8—10 m mélységet is átlábolhattak.



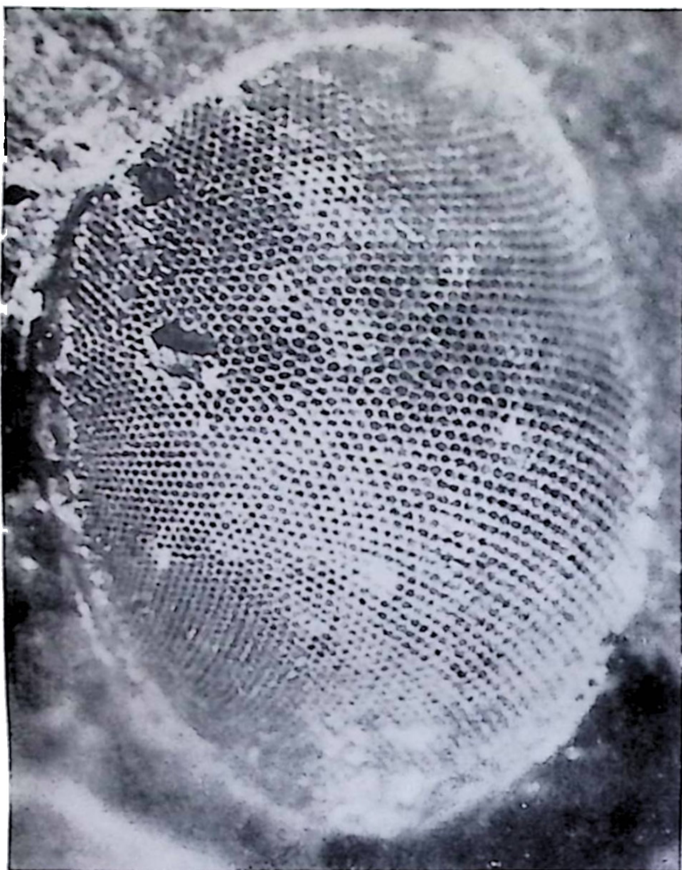
Vlagyimir Kovalevszkij
(1843—1883)



Louis Dollo
(1857—1931)

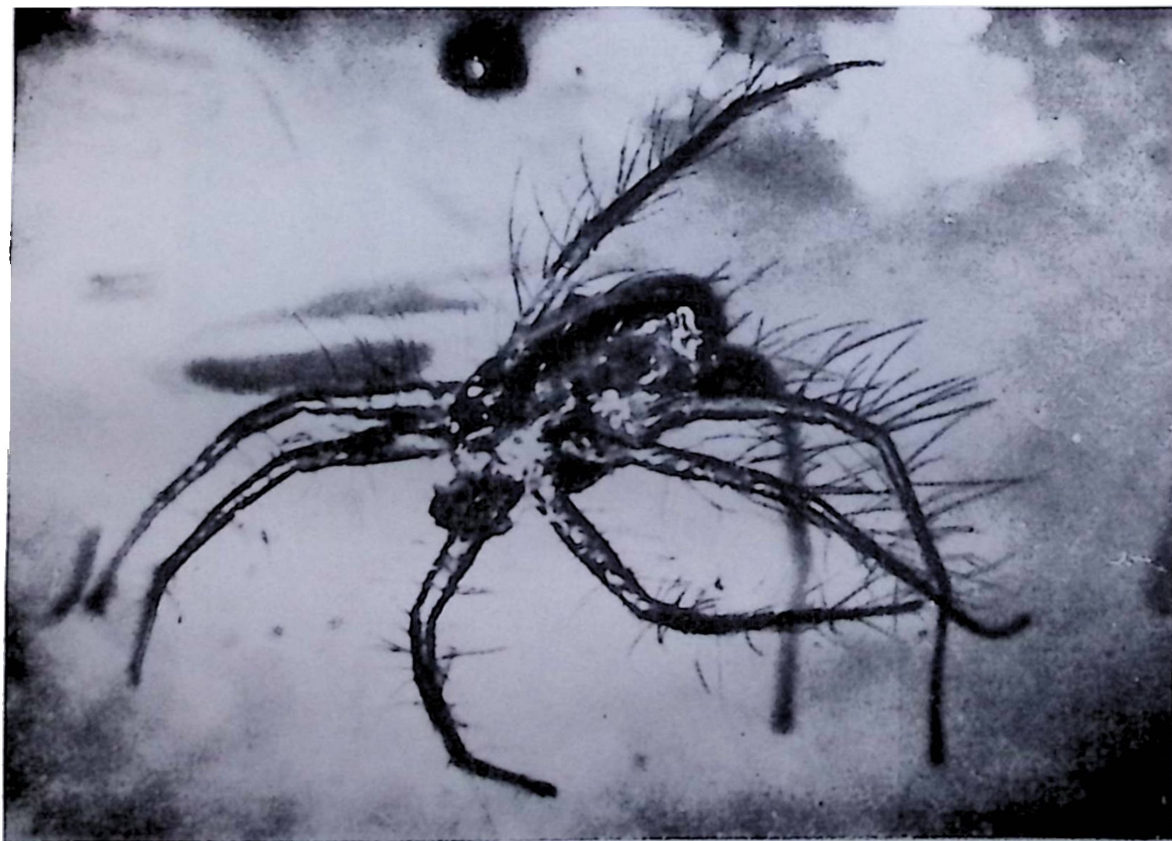


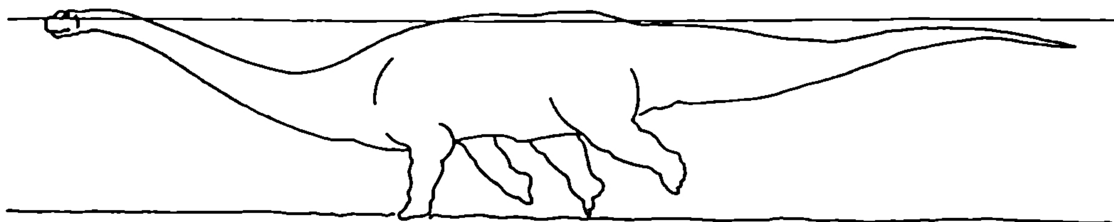
Othenio Abel
(1875—1946)



Háromkaréjos ősrák (Trilobita) *összetett szeme. Kövesedett példányról készített mikrofelvétel*

Atka (Dipneumonina) *borostyánkőben (Erősen nagyított kép)*





1. ábra. Vízben járó Camarosaurus képe

Ez egyetlen példa *Dollo* számos megfigyelése közül. Következtetéseit a csontvázban rejlő bizonyítékok hosszú sorával támasztotta alá. A fogazat, az izom-tapadási felület, az állat hátrahagyott lábnyoma, kövesedett ürüléke és béltartalma, mumifikálódott bőre árulták el neki az ősi szervezet életműködését, s a látottakat logikusan elemezve — a darwini alapelvek továbbépítésével felvázolta a kihalt hüllők őséleltanát, paleobiológiáját. A csont alaktani vonatkozásaihoz tehát megkereste az élettani magyarázatot, minden részletet a kimúlt szervezet életnyomának tekintve.

Élete folyamán a legkülönbözőbb állat-csoportokkal foglalkozott. Tanulmányozta a kihalt és az élő teknősök szervezetét, származását, életmódját. Kimutatta, melyik volt partlakó, melyik élt a sekélyebb partmenti tengervízben, és melyik faj merészkedett ki a nyílt óceánra. A messzire elkalandozó élő óriásteknősök közé tartozik a két méter hosszú, több száz kiló súlyú bőrteknős. Páncélja mozaikszerűen elhelyezkedő bőrlemezekből áll, de haspáncéljában elszórtan még csontszigetek találhatók, amelyek a csontlemezekből álló hajdani páncél maradványai. *Dollo* részletes vizsgálat alapján igazolta, hogy a bőrteknős csontospáncélú partlakó ősöktől származott. Ezek a rendes páncélú ősteknősök azért veszítették el a törzsfejlődés folyamán eredeti csontpáncéljukat, mert kényszerítő életkörülményeik folytán, évmilliók során áttértek a nyílttengeri életre.

Ehhez a különös, szinte hihetetlen megállapításhoz pedig nem kellett egyéb, mint az egymást követő földtörténeti időszakok tengeri üledékes kőzeteiben jól-rosszul megmaradt néhány ősteknős-csontváz. Olyan eset ez, mint amikor valamelyik félre eső vidéki ház padlásán ráakadunk nagyanyáink évszázados divatújságjaira, s az egymást váltogató évek divatlapjai lassan, fokozatosan elénk tárják a kalap, a ruha, a cipő anyagának változását, formájának alakulását, amíg végre eljutunk a mai viselethez. Így válik *Dollo* írásainak olvasása nyomán az élő bőrteknős valóságos „eleven" ősállattá, a származástan egyik legmegbízhatóbb tanújává.

Egymást követik az évek. *Dollo* már a belga tudományos akadémia tagja, a brüsszeli egyetem tanára, — szerény és csendes ember, személyében igénytelen, életében visszavonult, neve az egész világon közismert.

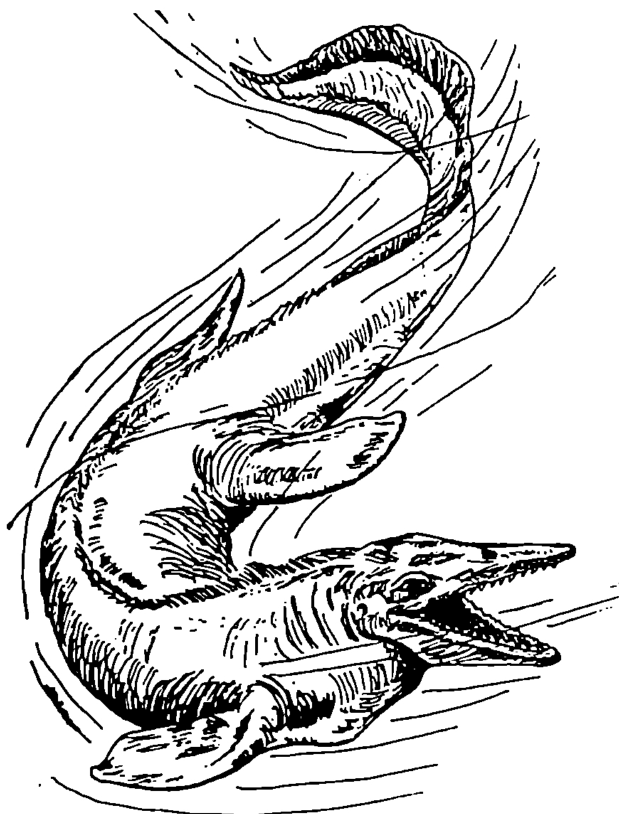
„Aki Dollot a századforduló elején munka közben kereste fel, évről évre reggel nyolc órától a múzeum régi épületének kicsiny, dohos, sötét alagsori helyiségében találta — írta Abel, a mester hetvenedik születésnapját üdvözlő cikkében. — A helyiség rácsos ablakai a Parc Léopoldra néztek. Parányi dolgozóasztal, szegényes, rozzant nádszékkel. Alig pislogó gázlámpa, gyalulatlan deszkából összeácsolt könyvállvány és tárgytartó, és egy kicsiny vaskályha. Ez volt a szoba egész bútorzata, amelyben a vaskályha télen-nyáron izzásig hevítve égett, hogy leküzdje a szoba nyirkosságát és dohosságát. Ebben a szegényes helyiségben, amely nem volt méltó a legutolsó tudományos segéderőhöz sem, írta D o l l o a kenguru sárkánygyíkokról, az ősteknősökről, a Mosasaurusokról és a tüdőshalakról szóló mesteri értekezéseit."

Azt hinné az olvasó, hogy az ilyen nagynevű tudós, ismert ember, akinek nevére

a tudományos világ felfigyel s nemzete kezd büszke lenni, annak legalább a nyugodt munka lehetőségét biztosítják, ha még oly kicsiny és gyatra berendezésű szobában is.

Nos, nem így volt.

Dollo éppen a *Mosasaurus*okról, ezekről a hatalmas tengeri ősgyíkokról szóló tanulmányát fejezte be. Kimutatta, hogy az öt métertől a tizenöt méter testhosszig változó nagyságú állatok a földtörténeti középkorban a mai Új-Zéland tájékáról indultak el világhódító útjukra. Eljutottak az amerikai őstengerek meleg vizébe, onnan tovább húzódtak a mai európai szárazföld helyén terjeszkedő kréta időszaki óceánba. A kiterjedt állatcsoport legősibb képviselői azonban szárazföldlakók voltak, s csak törzsfejlődésük folyamán, évmilliók során alkalmazkodtak a vízi életmódhoz. (2. ábra.)



2. ábra. Mosasaurus tengeri ősgyík

A munka megjelent, s néhány hét elteltével a múzeum igazgatója hívatta *Dollot*. Felszólította, hagyja abba az őshüllőkről folytatott tanulmány-sorozatát. Hogy miért? — azt egyetlen szóval sem okolta meg.

Dollo nem fordult panasszal senkihez. Visszavonult alagsori munkaszobájába és hozzáfogott egy másik téma feldolgozásához, a tüdőshalak származásának a tisztázásához. Alig van ma biológiai tankönyv, amelyből hiányozna *Dollo*nak a kettőslélegzésű vagy más néven tüdőshalak fejlődését ábrázoló híres képsorozata, a darwini származástan egyik alapvető őslénytani és állattani bizonyítéka. (3. ábra.)

Az igazgató újból hívatta a tudóst, s közölte vele röviden az újabb kívánságát: — Hagyja abba a tüdőshalakra vonatkozó közléseit, és térjen vissza inkább az ősgyíkok tanulmányozására.

Csak évtizedek múlva, az igazgató halála után derült ki, hogy Karl *Zittel*, a világhírű német paleontológus kérte meg levélben, tiltsa el *Dollo*tősélettudományi vizsgálataitól. Amikor ez megtörtént, s *Dollo* egy másik fejlődéstani munkával, a tüdős- vagy kettőslélegzésű halak származásának megoldásával lépett a világ szakemberei elé, újból írt az igazgatónak: 'mégiscsak jobb, ha megengedi, hogy *Dollo* újra az őshüllőkkel foglalkozzék . . . Az ősállatok fejlődéstanának és azősélettudománynak a művelése nemegyszer váltott ki a kizárólag rendszertannal foglalkozó paleontológusok körében rosszallást, gáncsoskodást és lekicsinylést, amit *Zittel* esete is bizonyít.

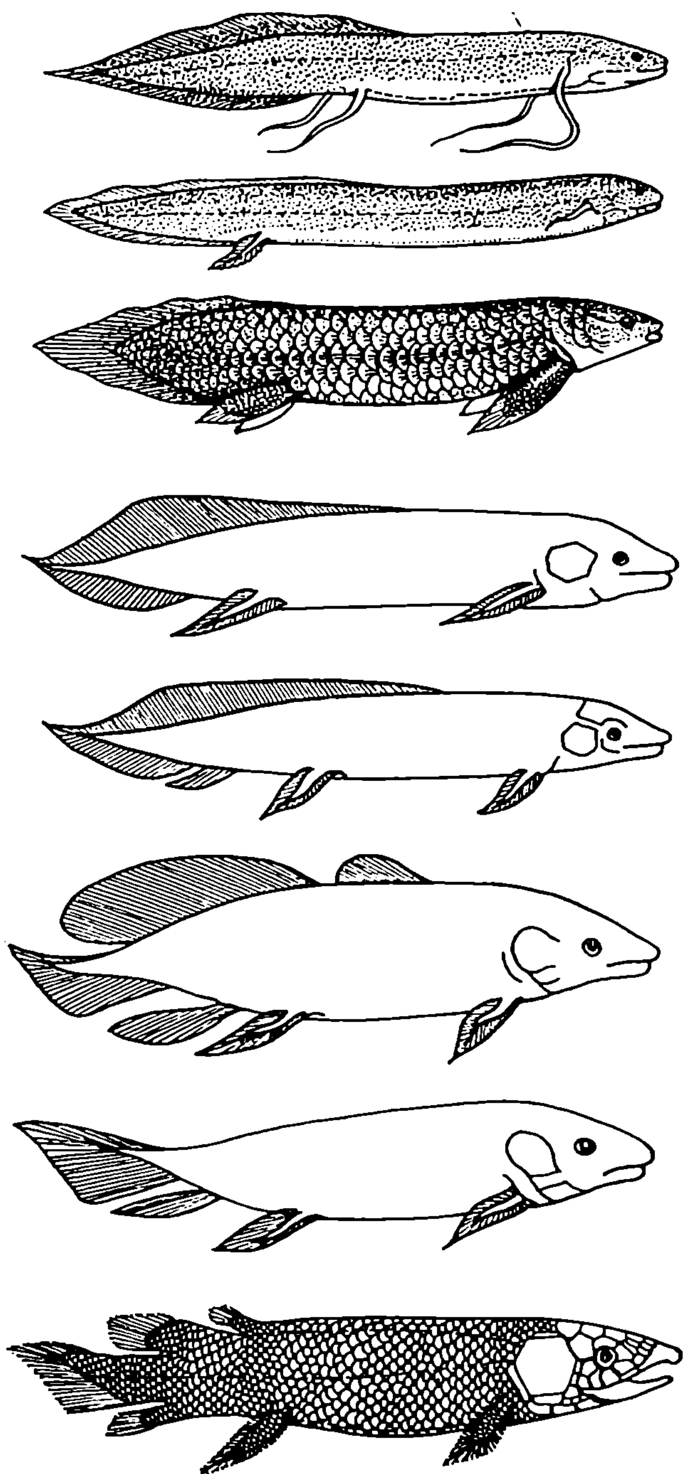
Dollo ezután az erszényes emlősállatok eredetével és származásával kezdett foglalkozni. Több tanulmánya jelent meg e kérdésről. Modern szellemű kutatómunka eredményei ezek is, de az igazi, nagy összefoglaló mű csak 1909 őszén került nyilvánosságra. *Kovalevszkij* emlékének ajánlotta.

Nincsenek benne retorikai szépségek — írja *Dollo*ról szóló életrajzában *Lambrecht* Kálmán. — Mondatai brutálisan tömörek, jellemzők, tiszták. A műben rövid visszapillantást vet az őslénytan történetére, amelyben három szakaszt különböztet meg. A mesélő korszakot, élén *Scheuchzer*rel, aki még 1677-ben egy ősszalamandra csontvázát a vízözönbe fulladt ember földi maradványának tartott. A második korszak az ősállatok anatómiáját leíró korszak, amelynek legkimagaslóbb alakja a nagy francia természetbúvár, *Cuvier*. A harmadik korszak a fejlődéstan első hirdetőjével, *Kovalevszkij*jel kezdődik.

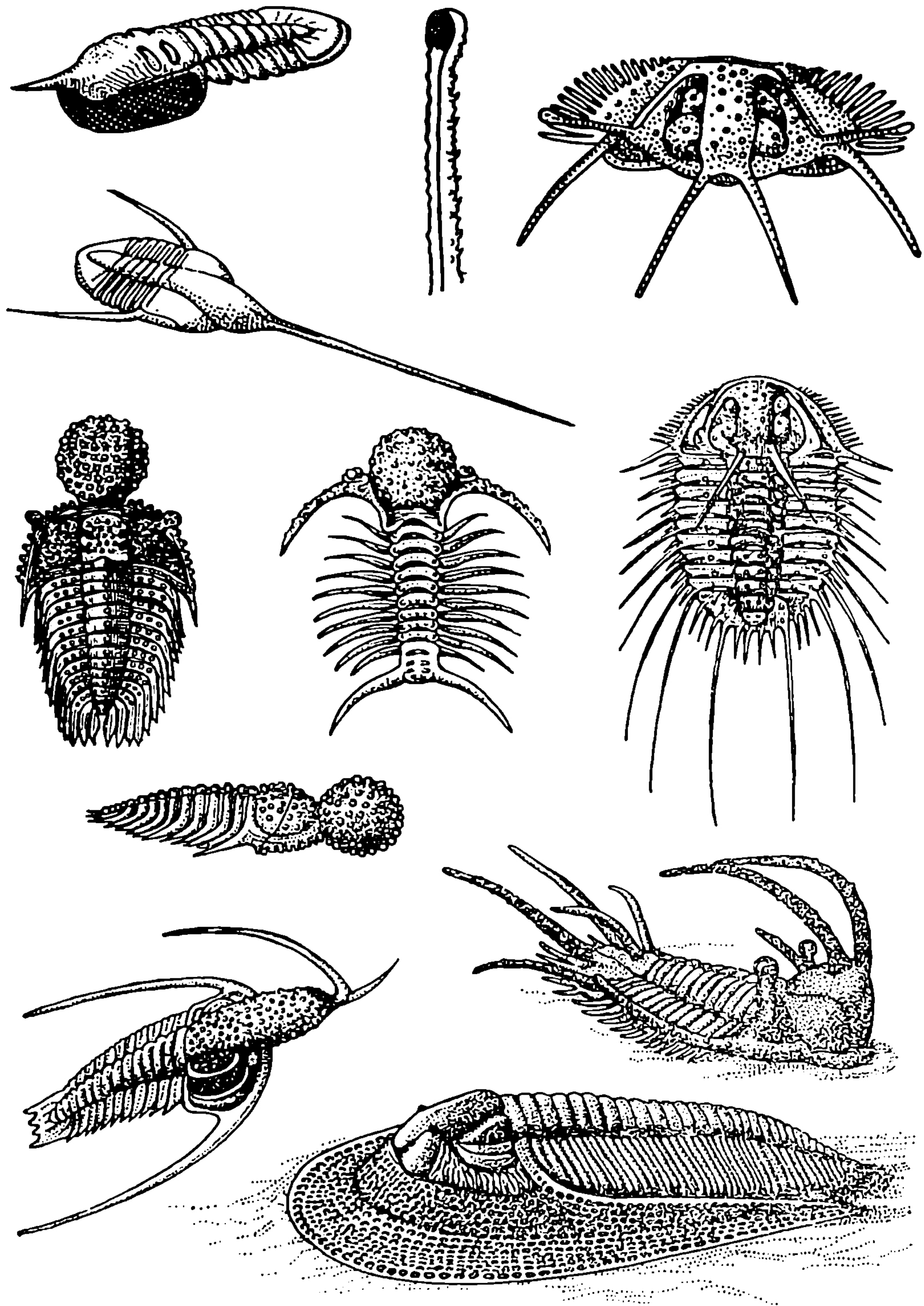
A harmadik korszak őslénytani kutatásai az ősvilági élet kérdéseit két ágon vizsgálják. Az egyik ág származástani szempontból boncolja az öröklődő vonások szerepét, a másik a biológiára helyezi a hangsúlyt, s a létfeltételekhez való alkalmazkodás kérdéseivel foglalkozik. Ezt az új tudományágat nevezi néhány év múlva *Abel ősélettudomány*nak, paleobiológiának.

Mit értett *Dollo* a „létfeltételekhez való alkalmazkodás kutatása" alatt?

Három példával válaszolt rá. Ősi típusú halak, tengeri skorpiók és a trilobiták, az ún. háromkaréjos ősrákok szervezetének alkalmazkodásával világította meg új vizsgálati módszerét. Figyelmeztet például arra, hogyan módosult a napsugaraktól átjárt tengerparti öv állatfajának teste, ha az állat nagyobb tengermélységbe vándorolt, vagy éppen a mélytenger lakója lett. A parti



3. ábra. Kettős légzésű vagy tüdőshalak fejlődése. Dollo *nyomán. (Felülről lefelé: az afrikai tüdőshal* (Protopterus), *a délamerikai tüdőshal* (Lepidosiren), *az ausztráliai tüdőshal* (Epiceratodus), *karbon időszaki tüdőshal* (Uronemus lobatus), *felső devon tüdőshal* (Phaneropleuron andersoni), *alsó devon tüdőshal* (Scaumenacia curta), *alsó devon tüdőshal* (Dipterus valenciennesi). Dollo, *1895*.



4. ábra. Trilobiták alaki változatai. Alul két, tengerfenéken élő alak széles testszegéllyel. A kép jobb alsó sarkában úszó alak, középen lebegő formák, a jobb felső sarokban óriási összetett szemű alak

övben élő állat jól működő szeme a nyílt tenger mélyebb szintjeiben megnagyobbodott (XII. tábla). Egyes fajokon óriás szemek jöttek létre, másokon hosszú nyélen ült a szem, hogy a rendelkezésre álló kevés fényt az állat minél jobban kihasználhassa. Az igazi mélytenger számos lakója azonban úgy, mint a tengerfenéken élő alakok is, teljesen elveszítették a szemüket. (4. ábra.)

Dollo kimutatta azt is, hogy a nyílttengeri övben legcélravezetőbb a torpedó alakú, úgynevezett áramvonalas test, amilyen a delfineké, ellenben a tengerfenéken élő állatnak, például a rájának a teste rendszerint ellaposodott. Mindkét esetben a farkúszók is alkalmazkodtak az élettáj követelményeihez. Így alakult át a tenger iszapjába fúródó alakok farka tövis alakú támasztószervvé.

Sokáig folytathatnánk. Az ősélettudomány fejlődésének vázolására azonban ennyi is elég.

1914 következett. Az európai nemzetek szemben állottak egymással, a hivatalos Belgiumot engesztelhetetlen gyűlölet választotta el mindentől, ami német, s a németek hazaárulónak bélyegeztek soraikban mindenkit, aki az ellenség földjén élő barátaival tartott fenn kapcsolatot. *Dollo*t a belga akadémia törölte tagjai sorából, mert továbbra is levelezett osztrák és német tanítványaival és szaktársaival, s megvitatta velük tudományos problémáikat. Ahogy nem emelt szót egykor a szűklátókörű, féltékeny német áskálódása ellen, most inkább kész a megingott múzeumi állását is odahagyni, semmint tudós társait megtagadni. Hitt a nemzetek megbékélésében — írta róla *Lambrecht* Kálmán. S amikor 1931-ben meghalt, tanítása, egész életének gondolatbeli folytatása valóban tovább élt abban az iskolában, amely vezéréül őt vallotta, s amelyet az osztrák Othenio *Abel* szervezett meg.

Othenio Abel
(1875—1946)

Amint egy jól megalkotott regényben ugyanazoknak a személyeknek a visszatérése lassanként bevezeti az olvasót az ábrázolt külön világba, ugyanez történik a mi esetünkben is, amidőn a múlt eseményei a szemünk előtt fejlődnek és alakulnak ki egyes személyekhez kötötten. Néhány évtized vagy akár csak néhány esztendő — az érdekes események, tudományos tapasztalatok hosszú sorát, emberek, intézmények életét, eszmék diadalra jutását vagy bukását idézi elénk, mert a biológiai tudományok kibontakozása az utolsó évtizedekben olyan nagy mértékben meggyorsult, hogy egyes tudományágak fejlődését néhány kiemelkedő szellem tanulmányain is lemérhetjük.

*Kovalevszkij Darwin*nak *On the Origin of the Species* című könyvére hivatkozik, amely 1859-ben jelent meg Londonban. Személyesen is felkereste a fejlődés gondolatának első legnagyobb fáklyavivőjét, felsorakozott mögéje, és dolgozataiban a „ma" tanulmányozásának tapasztalatai mögé a földtörténeti múlt évmillióinak eseményeit és tanulságait állította erősítésül. Fő művét *Darwin*nak ajánlotta.

Utána *Dollo* következett. Egész élete munkáját *Goethe* egyik nagyszerű mondásával jellemezhetnénk leginkább: *„Mihelyt megszületünk, máris hat ránk a világ, s ez így tart egészen a sírunkig."* Nála a fejlődés gondolata mellett előtérbe lépett a környezet fajátalakító hatásának eszméje, az okok keresése, és a földtörténeti múltból vett példák felhasználása. Ki másnak ajánlhatta volna munkáját, mint *Kovalevszkij*nek?

Az út most már világos, bár neve még nincsen az új tudományágnak.

A három lángész: *Darwin, Kovalevszkij* és *Dollo* után feltűnik a kevésbé zseniális, de rendkívüli összefoglaló képességű és tehetségű tudós, O. *Abel*, aki egybegyűjti s tömören szavakba önti mindazt, amit ma ősélettudománynak nevezünk. Több könyve, számos monográfiája és kisebb dolgozata jelent meg. Iskolát alapított, s tanítványaival három évtizeden át uralta az őslénytant. Folyóiratokat szerkesztett, utazott, előadásokat tartott Európa, Amerika és Afrika tudományos központjaiban, népszerűsítő könyvei az egész világon elterjedtek. Legnagyobb és legértékesebb műve mégis az a munkája, amelyet egyébként *Dollo*nak ajánlott, s amelyben első ízben foglalta egybe mindazt, amit a kihalt szervezetek életnyomairól tudunk. Sorra foglalkozott különböző állatok kövesedett lábnyomaival, helyváltoztatásuk módjával, végtagcsontjaik funkcionális átalakulásával. Megvizsgálta táplálkozásukat, amire többek között a fogazat tanulmányozása, a rágás mechanizmusának megismerése, a kövesedett ürülékek és gyomortartalmak, a megrágott fosszilis ételhulladékok gondos kutatása és elemzése nyújtott felvilágosítást. Nem kerülték el figyelmét a kihalt állatok maradványain észlelhető kóros elváltozások, a betegségek ősvilági megjelenése, az élősködők előfordulása, a halálküzdelemnek és a halálnak alaktorzító változásai.

A jelen biológiájának szilárd talaján állva vált mindez lehetségessé. Jobban mondva: csak így tudta a letűnt földtörténeti korok életjelenségeire is kiterjeszteni vizsgálatait. Olyan paleontológus, akinek agyában az élő szervezetek biológiájának valamennyi fogalma is a helyén volt.

Könyve további tartalmát is hasonló szempontok szerint rendezte. Minden egyes ma élő láncszemnek megkereste a múltak világából kínálkozó ősi párját. A könyv háromnegyed része a gerinces alakok szervezetének a külvilággal való küzdelméről szól. A külvilág hatását, a szervezet alkalmazkodásának módját, mértékét, lehetőségeit és fajait tárgyalja, mindenütt kutatva az erőt, az okot, a természeti törvényt, amely átformálta, a primitívtől a fejlődés magasabb szintje felé lendítette a szervezetet.

Valóságos újraértékelése ez az egész őslénytannak. A tapasztalat, a kutatói erő és leleményesség ragyogó példáit őrzik e lapok, igaz, helyenként sok romantikus színnel tarkítva, amit azonban a könyv megjelenése óta eltelt negyven esztendő már megfelelően egyszerűsített, újra értékelt, végérvényesen nyugodt és biztos alapokra helyezett. A tudományok történetében ez a szokásos, a helyes, és ez a haladás biztos jele.

SZÜLETÉS ÉS HALÁL AZ ŐSVILÁGBAN

Kihalt állatok életnyomainak kutatása

Amint rövid történeti visszapillantásunkból láttuk, az utolsó fél évszázadban az őslényekkel foglalkozó tudomány igyekezett minél többet felderíteni a növények és az állatok ősélettanából. Nehéz út volt ez. A következtetéseket gyakran valóságos detektív munka előzte meg. Néhány ősállati lábnyom — a közelebbi felvilágosítással szolgáló fog vagy csont legkisebb töredéke nélkül—, kövesült ürülék, borostyánkőbe zárt ősrovar-tetem, beteg csont, ennyi volt az egész. *Nopcsa* Ferenc egy ízben azt mondotta, hogy minél kevesebb az őslénytani kutatásokban a tárgyi adat, annál inkább izgatja a probléma a tudós fantáziáját. Az ősvilági maradványokkal foglalkozó biológusnak eleinte csakugyan kevés adat állott rendelkezésére; erre épített, s kísérletei tapogatódzók, eredményei bizonytalanok voltak. A témák azonban kétségkívül érdekesek és többet ígértek a csontok puszta alaki leírásánál vagy az ősállatok rendszertani elkülönítésénél. Ezért egyre többen kezdtek foglalkozni ősélettannal, rohamosan gyűlt a vizsgálati anyag, új vizsgálati módszerek születtek, növekedett az irodalom, az egyetemek versengve alakítottak paleobilológiai tanszékeket, alapvető és összegező nagy munkák láttak napvilágot.

A kialakuló ősvilági biológiának egyik ága az *ősvilági életnyomokkal* foglalkozott. Magába foglalt minden élettani adatot, az állat születésétől haláláig. Ha valaki töprengett már régi írások megfejtetlen töredékein — írta ebben az időben *Abel* —, és tudja, milyen erőfeszítésbe, mekkora agytornába kerül elolvasásuk, jobban mondva megmagyarázásuk, akkor tisztában lehet azokkal a nehézségekkel, amelyek az ősélctnyomok tanulmányozása és megfejtése során felmerültek. Ma már a sok ezerre, sőt tízezerre rúgó adat azt bizonyítja, hogy ezeket a fáradozásokat mégis siker koronázta.

A szakemberek eleinte az ősvilági életnyomokat is úgy „kezelték", mint azt egyéb őslénytani vizsgálataiknál megszokták. Például a kövesült lábnyomot az állat nemzetségét és faját jelző kettős latin névvel jelölték meg, noha az is kétséges volt, hogy a gazdaállat melyik állatcsoportba tartozott. Igyekeztek az életnyomok létrejöttét mechanikai kísérletekkel magyarázni, a természetes életnyomok keletkezését kieszelt eljárásokkal utánozni. Az eredmény siralmas volt. Így jutottak lassanként arra a gondolatra, hogy a kihalt élőlények kövesült nyomait az élő növények és állatok napjainkban is keletkező életnyomaival, életműködésük számos jelével és bizonyítékával vessék össze. Ekkor derült ki, hogy mennyi értékes, sokszor szenzációs eset, megoldás és következtetés adódik, hiszen az életnyomok vizsgálata terén nincsenek azonos „recept" szerint elkészíthető leírások, sem elbírálható leletek, mert az egyes ősmaradványok önmagukban hordják egykori életmegnyilvánulásaik magyarázatát.

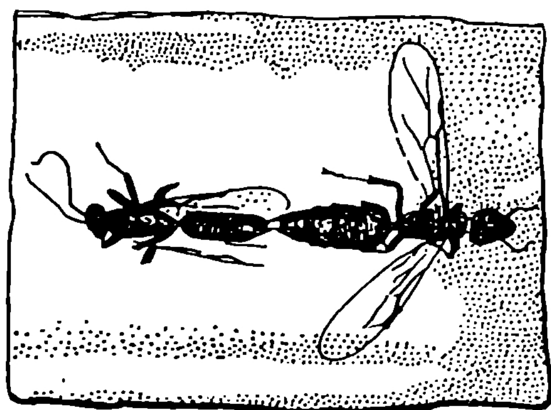
Amikor a paleontológusok bőviben voltak már a helyesen leírt, értelmezett érdekes ősmaradvány-anyagnak, rájöttek arra, hogy gyakran az élő állatok biológiájának ismerete sem tud az összehasonlításra kellő vizsgálati anyagot szállítani, mert a zoológus sincs tisztában sok mindennel, amire a paleontológusok és paleobiológusok feleletet várnak tőle. Így például a vadászati és erdészeti irodalom kevés és egészen más irányú megfigyelésein kívül alig tudunk valamit az élő állatok lábnyomairól, helyváltoztatásuk módjáról, s még ennél is kevesebbet — mondjuk — a férgek vagy a csigák életnyomairól. Pedig ezek a nyomok nagy szerepet játszanak az egykori szárazföldi, édesvízi vagy tengeri képződmények tanulmányozásában. Ilyen esetekben megtörténik, hogy az őséletbúvár ösztökéli a ma biológusát a hiányzó kutatások elvégzésére.

Születés és halál a borostyánkő-erdőben

Vannak leleteink, amelyek kitűnően szemléltetik egy-egy kor vagy lelőhely őslénytani eseményeit, vagy egy-egy őslénytani jelenséget. Közismert példákkal szolgál erre a Balti-tenger mellékének borostyánköve, amelynek szép, átlátszó, borsárga példányaiból vagy felhős, át sem tetsző darabjaiból ékszert, cigarettaszipkát s számos apróbb dísztárgyat faragtak és esztergályoztak emberemlékezet óta. A borostyánkő úgy negyvenöt-ötven millió évvel ezelőtt, az eocén korszakban élt ősfenyőfák gyantájából keletkezett. Amikor még folyékony gyanta volt, olyan, mint a ma élő fenyőfák lágy, ragadós gyantája, — a borostyán-gyantába is beléragadtak a rovarok. Az ősvilági fenyőgyanta azután az őserdő korhadó, pusztuló fáival együtt az aljzatban felhalmozódott, s amikor a fenyőerdőből széntelep lett, a széntelepben megmaradt az ősvilági gyanta, a borostyánkő is. (XII. tábla.)

Nos, a borostyánkő egyes darabjaiban olykor egyenként vagy tömegesen fordulnak elő lepkék, szúnyogok, bogarak, százlábúak és hangyák. A múzeumok természetesen gyűjtik és őrzik, a szakemberek pedig tanulmányozzák ezeket a rovar zárványokat. Az ősvilág színes és pompás élete bontakozik ki előttünk. Megelevenedik a meleg, szubtrópusi őserdő nyüzsgő rovarvilága, ragyogó szárnyú lepkéi, és a földön katonás rendben menetelő hangyacsapatai. A szél távoli vidékekről felkapja és magával ragadja a szúnyogokat és muslincákat. Odasodorja a ragadós gyantára a füstoszlopként kavargó apró, szárnyas rovartömeget, és a nap melegétől folyékonnyá vált gyanta valamennyit magába temeti.

A borostyánkő tehát alkalmas arra, hogy tájékoztasson bennünket az ősvilági rovarok szaporodásáról és haláláról, vagyis arról, hogy 50 millió évvel ezelőtt ugyanúgy éltek és haltak meg az állatok, mint ma. Van borostyánkő darab, amelyben párosodó őshangyák és ősszúnyogok láthatók. (5. ábra.) Azt bizonyítják, hogy már az eocén időszaki ősrovarok párosodása is úgy ment végbe, mint ma élő rokonaiké. Más alkalommal peterakás közben érte a lepkét a folyékony fenyőgyanta. Van olyan borostyánkő darab, amelyben egy ős-rovarevő szőrszálai láthatók, rájuk erősített tetűserkével. Sokkal több esetben maradt ránk



5. ábra. Párosodó őshangyák. Borostyánkőzárvány. Nászröptük közbe hullottak a lágy gyantára

olyan borostyánkő példány, amelyben az ősrovarok halálos vergődésének nyoma rajzolódik ki. Egyik-másik habosra verte szárnyával a lágy fenyőgyantát vagy örvényt kavart benne. Van, amelyiknek a megkeményedő gyanta szétnyomta a testét, s az eltávozó levegőbuborékok láthatók —, amint a szakemberek megjegyezték: „ez az ősvilági bogár gyantába ágyazott utolsó lehelete". (6. ábra.)

Ha a földtörténeti múltban tűzhányók kisért nagy mennyiségű pora, az úgynevezett vulkáni hamu boritotta be sűrűn a környéket, a portömeg befedte a földre hullott faleveleket vagy rovarokat is. *Pálfalvy* István a Mecsek-hegységben olyan miocén időszaki vulkáni tufát talált, amelyben számos ősrovar maradványa között párosodó rovarok lenyomatai is akadtak.



6. ábra. A kis rovar úgynevezett haláltörvényt kavart maga körül, kiszáradóban levő lágy tengerparti iszapon. Jura időszak, Solnhofen, Németország

Párzási harc az ősvilágban

Vannak érdekes és értékes felvilágosításokkal szolgáló leletek, amelyek ismételten arról győznek meg, hogy bármilyen hézagos a kép, amely előttünk kibontakozik, végeredményében a földtörténeti múlt és a ma biológai eseményei közt vonható párhuzamról tanúskodik. A csontokról bizonyos esetekben meg tudjuk állapítani, hogy nőnemű vagy hímnemű egyedektől származnak-e. Ez olykor még az olyan állatcsoportokból eredő maradványokon is észlelhető — pl. a dinoszauruszok csontjain —, amelyeknek ma már a képviselői sem élnek.

Lambrecht Kálmán több, mint ezer oldalas nagy kézikönyvben foglakozott a kihalt madarakkal. A terjedelmes munkában olyan eseteket ismertetett, amikor a hím szárnycsontján hatalmas, hegyes csonttövis meredt előre, amellyel verekedés közben, párzási harc alkalmával mély, sőt halálos sebeket ejthetett. A ma élő *Chauna torquata Oken* szárnyközépcsontján hatalmas csonttövis van. Madagaszkár szigetéről a kihalt *Centrornis majori Andrews* szárnycsontján *(os metacarpus)*, volt hasonló nagy csonttövis. Egy másik faj, az élő jasszana *(Jacana spinosa jacana)* képén szemléltetjük, hogy ez a csontszurony hogyan helyezkedett el a madárszárnyon. (7. ábra.)

A felfegyverzett szárny ritkább esetein kívül közismert a másodlagos nemi bélyegként szereplő sarkantyú egyes madárfajok kakasainak csüdjén.

A madarak hímjei tehát a földtörténeti múltban ugyanúgy verekedtek egymással, mint ma. Erre a váz említett anatómiai bélyegei mellett vannak egyenes bizonyítékok is. A hazai barlangok jégkorszaki üledékeiből a havasi fajd és a hófajd *(Lagopus)* csontjait zsákszámra ásatták ki a szakemberek. A madárcsontok között az állat életében eltört, majd ismét egybeforrt villacsontok azt bizonyítják, hogy a madár melle kívülről jövő, ismételten megújuló támadásoknak volt kitéve. A vizsgálat itt is arra az eredményre vezetett, hogy csakis párzási harc közben eltört csontokról lehet szó. A fajdkakasok egymással szemközt állva támadtak, egymásnak ugorva rúgták és tépték ellenfelük mellét, aminek a vékonyfalú csöves csont áldozatul esett. 4000

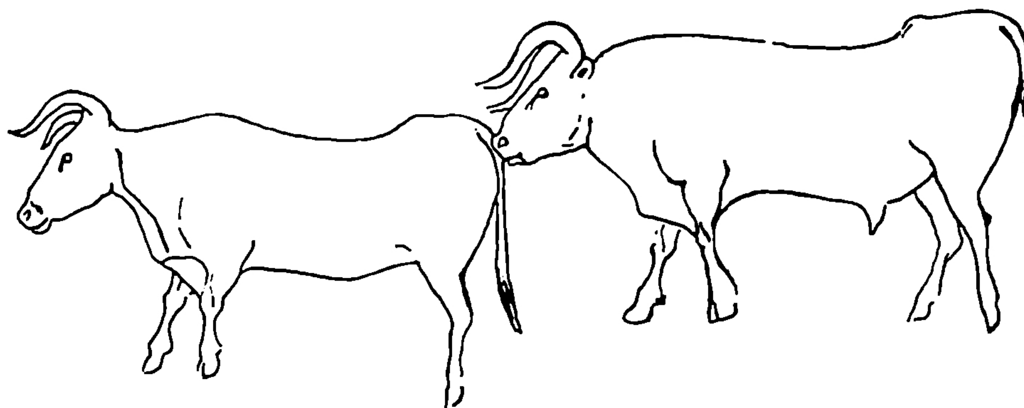


7. ábra. A jasszana szárnytövise

madártól származó csont vizsgálatából kitűnt, hogy 11%-a törött. Ugyanezeken az állatokon az egyéb testrészek baleseti törései és csontsérülései alig érték el az egytized százalékot. Az egészséges és törött, de ismét összeforrt csontok statisztikus kiértékelése így bizonyította a hímek közti nagymértékű verekedést, ami egyébként az élő fajdfélékre is jellemző.

Más példák is kínálkoznak. Az ősszarvas-féléken az egymást követő földtörténeti korok alatt fokozatosan kialakult a hím agancsa, míg végül olyan faj is akadt közöttük, mint a jégkorszakban élt óriás gím, amelynek agancsán sok ág, széles lapát volt, s fejedelmi terpesztése meghaladta a négy métert. Tehene agancstalan. A bikák élethalálküzdelméről beszélnek a koponyákon található erős csontsérülések, és az agancs-törések.

Tülekedő ősállatok képét őrzik az ősember karcai és barlangi falfestményei. Több ősemberi faragvány üzekedő ősállatokat ábrázol, egy falfestmény pedig a teheneit kísérő őstulok-bika nyugalmas vonulását örökíti meg. (8. ábra.)



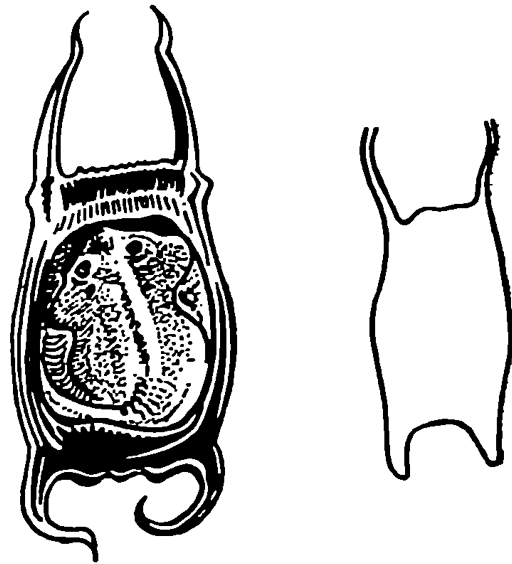
8. ábra. Tehenét kísérő őstulok bika. Az ősember képe. Grotte de la Mairie, Dordogne, Franciaország. Jégkorszak

Ősvilági tojások

Amint tudjuk, az alacsonyabbrendű gerinces állatok nagyobb részének petesejtje (a tojás) elhagyja az anyaállat testét, s fejlődési folyamata csak ezután zárul le. Amíg a petesejt az anya testében fejlődik, addig csekélyebb védelmet kíván, s a lágy burok is elégséges. Fokozódik a veszély, mihelyt a pete vízbe vagy nedves talajra kerül, szárazon pedig a kiszáradás veszélye fenyegeti. Ezért mielőtt a pete a testet elhagyná, két burkot kap a petevezetékben. Az egyik a fiatal állatot tápláló szik, a másik a szarunemű vagy meszes héj. Az utóbbi szilárd, sokszor rugalmas és vastag héjak alkalmasak a kövesedésre, és tájékoztatnak a több millió évvel ezelőtt lezajlott egyénfejlődés érdekes és fontos mozzanatairól.

Alacsonyabbrendű gerinctelen állatok közül csigák, rovarok fosszilizálódott petéit ismerjük. Olykor kőzetalkotó mennyiségben fordulnak elő szárazföldi vagy édesvízi mészkövekben és tavi mésziszap-lerakódásokban, például a mainzi medencében vagy Spanyolországban, Barcelona környékén. A fosszilis csigapeték (*Bulimus*ok petéi) némelykor oly nagyok, hogy egyes szakemberek tévesen teknősök vagy madarak tojásainak tartották őket.

A németországi Solnhofen jura időszaki mészmárgájának vékony paláiban ősrákfélék, *Limulus*ok páncéltöredékei fordulnak elő. Hatalmas, erősen domború páncél fedte az egész testet. Az egyik megkövesedett páncélban, az állat hasi oldalán megkövesült peték tömege látható szétszóródva. A szívós, rugalmas hártyával burkolt pete kitűnően megmaradt, anyaga sok foszfort tartalmaz. (XIII. tábla.)

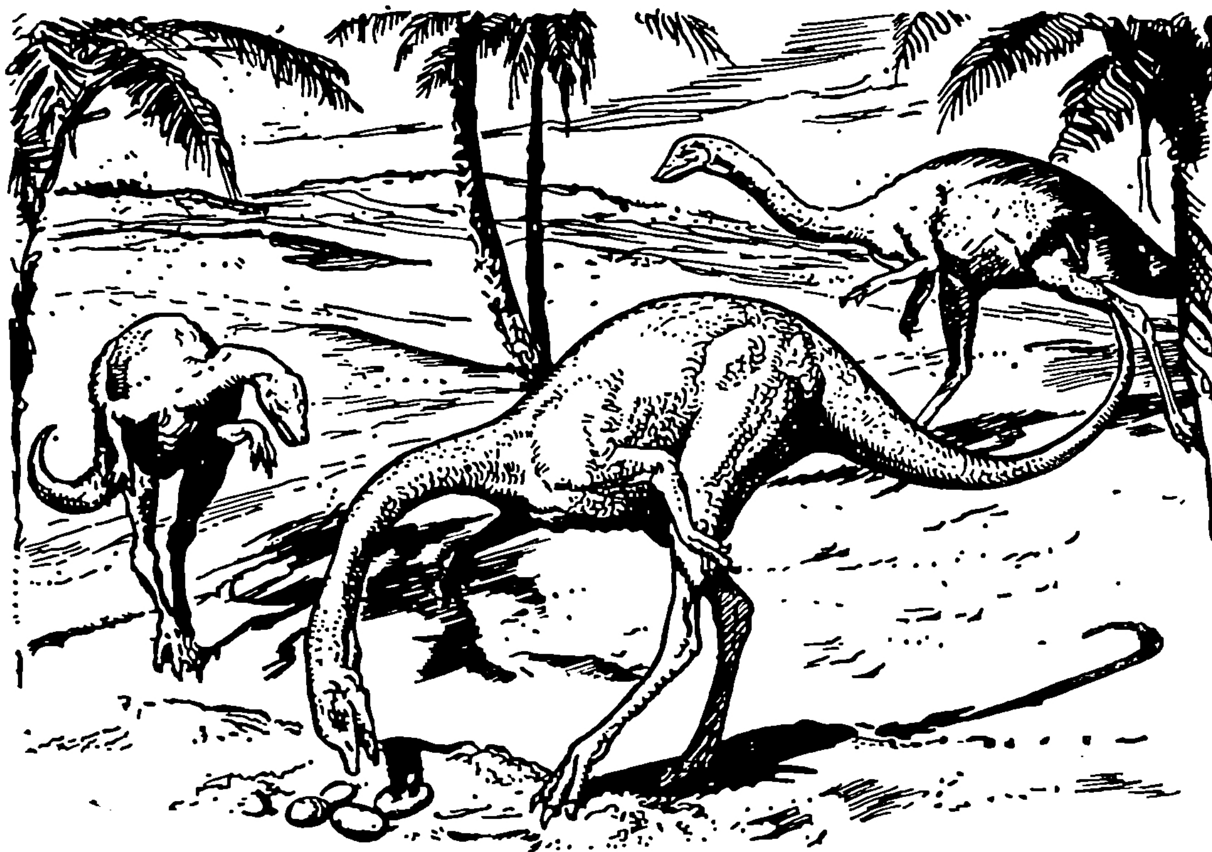


9. ábra. Élő rája petetokja felmetszve. Látható benne a kis rája. Mellette az egri oligocén ősrája petetokja

Fosszilizálódhattak az ősráják és őscápák petetokjai is. Ezeknek az állatoknak a petéit rendszerint szívós, ellenálló, szarunemű burok veszi körül, amely a fiatal állat kikelése után sem megy tönkre, és a tengeráramlás mérföldekre elsodorja. Némelyik rája- vagy cápafaj nősténye a tengerfenék iszapjába ássa el „tojását"; más faj szarunemű fonalakkal tengeri moszatokra erősíti petetokjait. A petetokokat viharok idején tízezrével szaggatják le s vetik partra a hullámok. Ha a partra sodort petetokot iszap temeti be, évmilliókra konzerválódhat, illetőleg megkövesedhet.

A kövesülést elősegíti a lerakott tojások nagy száma. A grönlandi cápa (*Lemargus borealis*) négy méter hosszú nősténye 500 tojást rak le. Egyes cápafélék tojását tömegével gyűjtik a halászok, s az ipar finom kesztyűbőr kikészítésére használja. Egy ilyen cápatojás ára két tyúktojáséval egyenlő. Kihalt rája- és cápafélék petetokjait ismerjük Észak-Amerikából, Angliából, Németországból és Svájcból. Magyarországon az egri téglagyár oligocén tengeri agyagjából került napvilágra fosszilis petetok. Olyan kicsiny ősrájafélétől származik, amelynek rokonsága ma a trópusok meleg tengereiben él. (9. ábra.)

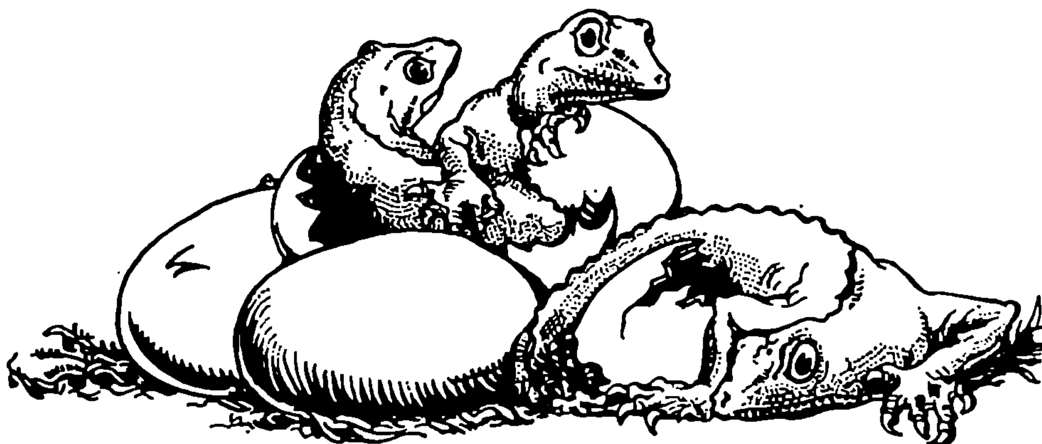
Különösen érdekesek a sárkánygyíkok vagy dinoszauruszok tojásai. 1923-ban egy amerikai kutató expedíció bukkant rájuk Mongólia felső kréta időszaki homokköveiben, ahol 55—60 millió évvel ezelőtt száraz, homokos sivatag terült el. Az érdekes



10. ábra. A két méter magas tojásevő ősgyík (Struthiomimus)

leletet nemcsak a szakemberek méltatták figyelemre, hanem az újságok révén a nagyközönség is hamarosan tudomást szerzett róluk.

A gazdag lelőhely kikutatására rövidesen újabb expedíció ment a helyszínre. A szakemberek ez alkalommal 40 kövesült sárkánygyík-tojást gyűjtöttek. Lépésről lépésre átkutatták a környéket, s hamarosan kitűnt, hogy a 20 cm hosszú, aránylag vékony héjú őshüllő-tojások fészkenként fordulnak elő. Egy-egy fészekaljban 5—9



11. ábra. „Az újságok azt állították, hogy a sárkánygyík-tojásokat sikerült kikelteni.”

tojás volt. Még inkább növelte a szenzációs lelet hírét, hogy a tojásokban megtalálták a sárkánygyík-embriók apró, kifehéredett csontvázait is. A sárkánygyík-tojások ügye egyébként ezzel még nem záródott le. A tojások egy részét ugyanis „valaki" vagy „valami" összetörte, s az expedíció tagjai csak széthullott cserepeiket gyűjthették össze az ősgyík-fészkekből.

A szakemberek kettőzött buzgalommal kutattak tovább. Megbontottak minden gyanús kőzetpadot, míg végül ráakadtak a tojásrabló ősgyík csontvázára. Az egyik összetört tojáshalom fölött az ősvilág irtózatos homokvihara végzett vele. A kréta időszaki számum hatalmas homoktömeggel temette be. (10. ábra.)

Az expedíció preparátorai javában bontogatták a kemény homokkősziklákat, amelyekből acélvésőkkel hámozták ki a néhány milliméter vastag tojáshéjakat, amikor az egyik kutató azzal a hírrel érkezett vissza a táborba, hogy a közeli dombon megtalálta a tojást rakó ősgyík napszítta, kimállott, fehér koponyáját. Bontócsákánnyal, vésővel és kalapáccsal nyomban útnak indultak néhányan.

Hetekig tartó, fáradságos munka következett. Több, mint 70 sárkánygyík csontvázát és csonttöredékeit szabadították ki kőzetsírjából. Megállapították, hogy a tojásrakó ősállatok teljes hossza 3 m lehetett. Az állatok a finomszemű, laza homokban gödröt kapartak, ebbe rakták tojásaikat, azután a „fészket" gondosan betemették, és — akárcsak a ma élő gyík vagy teknős — a tojások kikeltetését a Nap melegére „bízták".

Nagyszerű zsákmány volt ez! A *Daily Mirror* cikksorozatban számolt be arról a kísérletről, amelyet — szerinte — a Colgate-egyetem szakemberei végeztek. Azt állította, hogy olyan gépet szerkesztettek, amelyben az ősgyík-tojásokat sikerült kikelteni, s azokból különös szörnyek bújtak elő. Mondanunk sem kell, hogy ez lehetetlenség, de a szenzációt hajhászó újság ezzel mit sem törődött. (11. ábra.)

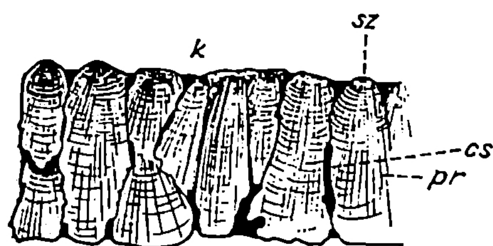
Sok esztendő telt el, mire az elhagyott sivatagi tájat ismét teherautós-karavánok kutatták keresztül-kasul, és a meredek sziklafalakon újra felbukkantak a geológusok és paleontológusok. A híressé vált lelőhelyet a 40-es évek derekán a Szovjetunió szakemberei keresték fel. Ők is sok tonna kövület-anyagot küldtek haza, számos sárkánygyík csontvázát és tojását gyűjtötték. Ezek a sok nehézséggel tarkított kutató utak tehát jelentős eredménnyel zárultak a kihalt hüllők egyik nagy csoportja, a sárkánygyíkok szaporodásának vizsgálata terén.

Tíz évvel ezelőtt Franciaországban fedeztek fel egy másik *Dinosaurus*-fészkelőhelyet, amely egykor meleg éghajlatú, mocsaras partvidék volt. Itt százával, sőt ezrével találtak tojásokat, mert a part annak idején több kilométer hosszúságban költőhely lehetett. A betemetett tojások kikeltését itt is a Nap melege végezte. Időnként óriási felhőszakadás duzzasztotta meg a közeli vizet, s az ősvilági strandot telehordta iszappal. A kicsinyek bennfulladtak, és a hatalmas költőtelep lassan, évmilliók során megkövesedve maradt meg napjainkig.

Persze, nemcsak őshüllők, hanem madarak fosszilis tojásait is ismerjük. Madagaszkáron három-négyszáz évvel ezelőtt még éltek azok az óriásmadarak, amelyeknek 10 literes tojásait a múlt században felfedezték. A 3 m magas, struccszerű ősmadárnak, az *Aepyornis*nak 34 centiméteres tojása — friss állapotban — 8—10 kg lehetett. Legnagyobb élő madarunknak, az ugyancsak óriás struccnak a tojása „csak" 15 cm magas, átlagos súlya pedig másfél kiló. Az ép *Aepyornis*-tojások azért ritkák, mert héjuk 3,5 mm vastag, tehát jóval vékonyabb a strucctojásénál. Ezért legfeljebb két tucat ép tojást őriznek világszerte a múzeumok, s egynek-egynek az ára felér egy kisebb házéval. 1900-ban egyetlen példányért 840 aranymárkát fizettek.

Másik kihalt óriás futómadár az új-zélandi moa. *Rotschild*, akinek Angliában nagy gyűjteménye volt kihalt madarakból, 230 fontot fizetett egyetlen moa-tojásért.

Van Straelen, a brüsszeli Természettudományi Múzeum igazgatója éveken át foglalkozott ősállatok tojáshéjának szövettani és élettani vizsgálatával. Ő írta le a kihalt kacsacsőrű emlős fosszilis tojását. Megállapította, hogy míg a madár, hüllő és emlős tojásának héja a hozzá nem értő szemében ránézésre alig különbözik egymástól, addig a héj szerkezete vékony csiszolatban, nagy nagyítás alatt vizsgálva állatcsoportonként szembetűnően megváltozik. A mocsárban vagy a száraz sivatagban élő állatok tojáshéján jól tanulmányozhatók az apró légzőnyílások és kivezető csatornák. A mongóliai őshüllő-tojások héjának finom szerkezete például hasonlít a napjaink száraz, sivatagi tájain élő madarakéhoz. Ezzel szemben más szerkezetű a sivatagi, mint a mocsári őshüllők tojása. A hüllők csoportjában a kígyó vagy a gyík tojáshéjának szerkezete megint eltér a krokodilusétól. A szakember tehát biztosan megállapíthatja, melyik ősállat-csoport tojását vizsgálja, sőt olykor azt is, hogy az állat milyen éghajlat alatt élt. (12 ábra.)



12. ábra. Sárkánygyík (Hypselosaurus priscus) *kövesedett tojáshéjának keresztmetszete. Kréta. Velaux* (*Bouches—du—Rhône*). k = *a tojáshéj külső felülete*, sz = *szemölcs*, cs = *a felszínre kivezető csatorna*, pr = *kristályosmész prizmák*. (Lapparent *után*)

Említsünk meg egy példát arra, hogy a tojáshéj mikroszkópos vizsgálata alapján milyen mértékű azonosítás, illetőleg faji, sőt fajtabeli megkülönböztetés lehetséges. 1930-ban *Tugarinov* transbaikáliai lelőhelyről származó fosszilis strucctojást vizsgált. Összehasonlításul megnézte az élő strucc-fajok, illetve alfajok tojáshéjainak szerkezetét, s minden kétséget kizárva kimutatta, hogy a transbaikáliai kihalt struccfaj nem a dél-afrikai struccokkal, hanem az észak-afrikai alakkal, a *Struthio camelus*szal áll közeli rokonságban. Az előzőknél a héjfelület apró mélyedéseiben több kicsiny levegőztető csatorna egyesülés után szájadzik a külvilágra, az utóbbinál és a Transbaikáliából, Selengaról származó fosszilis tojáson mindegyik csatornácska külön-külön nyílik a külvilágba.

A fontos kérdésnek óriási irodalma van. Messzemenő vizsgálatok alapján a kihalt struccfélék származásával, rokonsági kapcsolataival és elterjedésével kimerítően foglalkoznak a szakemberek.

Az elevenszülő halgyík

A madarakat kivéve a gerinces állatok valamennyi osztályában előfordulnak olyan fajok, amelyeknek egyedei nem tojással szaporodnak, hanem eleveneket szülnek. Sőt az emlősállatok — a kacsacsőrű emlőstől eltekintve — mindannyian eleveneket szülnek.

Eleveneket szülő halak pompásan megmaradt, teljes csontvázait ismerjük solnhofeni palákból, ahol a jura időszakban a tengerpart finom homokjába betemetődött haltetemek kövesültek meg.

Csakhogy a jura-tengerben éltek hatalmas, olykor 8—10 m hosszú, sőt ennél is nagyobb őshüllők, amelyek torpedó alakú testükkel kitűnően úsztak s rémei voltak a halaknak, rákoknak, polipoknak. A tudósok halgyíkoknak, *Ichthyosaurus*oknak nevezték őket. Számos kitűnően megmaradt csontvázuk ismeretes. Akad közöttük olyan, amelynek testében jól látszanak a fejlett embriók, mert az anyaállat közvetlenül a

szülés előtt pusztult el. Az egyik ilyen, két méternél hosszabb példány a stuttgarti múzeum tulajdona, és a württembergi Holzmaden agyagpaláiból került napvilágra. Három embrió maradványa az anya testében fekszik, de a negyedik magzat látszatra részben már a szabadban volt, amikor anyjával együtt elpusztult és az iszapba süllyedt. *Liepmann* — a lelettel behatóan foglalkozva — arra a gondolatra jutott, hogy a halgyík anya hullája a jura-tengeröböl sekély vizében rövid idő alatt felpuffadt s a bomló holttestet feszítő gázok a testüregből az egyik embrió tetemét kilökték. Hasonló eseteket ismerünk a jelenleg élő állatok körében, sőt a törvényszéki orvostan szakemberei jogi viszonylatban is elismerik a halál utáni szülés lehetőségét.

Amikor a tudomány közelebbről megismerkedett a ma élő delfinek és bálnák szaporodásával, az előbbi magyarázatot az őséletbúvárok egy része elvetette. Igazolódott *Luetken*nek még 1887-ben közölt megfigyelése: a delfinek, általában a cetfélék embrióinak farka bepöndörödött állapotban van, és a tulajdonképpeni szülés küszöbén egy darabig így hurcolja az anya kicsinyét, s az félig kicsüng testéből. Napokig tarthat ez az állapot, mígnem a fiatal állat teste olyannyira kifejlődik, hogy úszásra képes. Ennek a jelenségnek nagy irodalma van, s neves kutatók, — például *Abel, Nehring, Branca, Schulze, Wimann* — vitatják és foglalnak mellette állást. Szerintük a természet efféle gondoskodása nélkül a lágy, becsavarodott testű apróság hamarosan vízbefúlna.

Abel szerint hasonlóképpen volt ez a tüdőkkel lélegző halgyíkok magzataival. Mi azonban azt hisszük, hogy a megmaradt halgyík-csontváz esetében a halál utáni születés a valószínűbb.

A barlangi medve újszülöttjei

A kihalt emlősállatok újszülöttjeiről is sok mindent tudunk. Elmondunk egy érdekes példát.

A barlangokban évezredek során lerakódott agyagrétegek ásatása közben olyan jégkorszaki tanyahelyekre bukkantak, ahová a barlangi medve nősténye vonult vissza kölykedzésre. Amíg kint dermesztő vihar dühöngött, addig a barlang mélyén, ahová nem férközhetett be a tél fagyos lehelete, egyenletes hőmérsékletű levegőben a mackóanya megszülte kicsinyeit. A kis állatok egyike-másika a legféltőbb gondoskodás ellenére is elpusztult, s csontjai a barlang agyagrétegébe kerültek. Itt találtak rájuk a szakemberek ásatás közben. A barlangi medve emlősállat volt, kicsinyét tehát szoptatta és elevenen maga hozta a világra, nem úgy, mint az előbb említett sárkánygyíkok, amelyek a Nap melegére bízták tojásaik kiköltését. A hatalmas barlangi medve újszülöttei alig patkánynagyságú állatkák voltak. Ugyanekkora ma a barna medve kicsinye. Egy-két év alatt, gondos neveléssel a kis mackó fölcseperedett, és anyját elkísérte mindenüvé táplálékszerző útjain. Amikor azonban a téli álom ideje bekövetkezett, anyjával együtt húzódott a barlang mélyére. Ha elpusztult, csontjai megint csak a barlang agyagrétegébe kerültek. Csakhogy ezek a csontok jóval nagyobbak, mint az egy évvel azelőtti újszülött állatkák csontjai voltak.

A tudósok egy darabig nem értették, hogyan lehetséges az, hogy a barlangokban mindig csak bizonyos nagyságú, tehát bizonyos életkorra valló mackócsontokat találnak. Később azonban rájöttek arra, hogy a dolognak nagyon egyszerű a magyarázata. A medve kora tavasztól késő őszig nem tartózkodik a barlangban, és ha a szabad természetben pusztul el, csontjai nem is maradnak meg. Így tehát a téli álom tanyahelyén: a barlangban mindig az áttelelő medvék csontjai kerülnek csak az ásatók

kezére, és ezért hiányoznak a szabadban töltött közbeeső időszakok fölcseperedő medvéinek a csontmaradványai.

Mindebből az az igen érdekes megállapítás is adódik, hogy a kihalt medve ugyanúgy aludt téli álmot, mint a mi barna medvénk.

A tudósok ismerik tehát az alig megszületett, néhány hetes vagy hónapos apróságoknak a csontvázait, ismerik a rákövetkező télen a barlangban elhullott egy éves, majd ugyanígy a kétéves és három éves stb. állatok csontmaradványait. A medvefélék fejlődésének, növekedésének a csontos váz alakulásának, a különböző korú fogak kopásának, a különböző korban jelentkező betegségeknek feltárult minden rejtélye az egymást követő évek alatt fejlődő és alakuló csontok megfigyelése nyomán. Így képesek tanulmányozni egy állatcsalád vagy állattörzs egész fejlődését, akárcsak ma az állatkertekben nevelt vagy a tenyésztett állatokét. Miután a hazai és külföldi barlangokban tízezrével találják a barlangi medvék csontmaradványait, ennek a kihalt ősállatnak az életét jobban ismerjük akárhány ma élő vadállaténál.

Számos esetben megmaradtak azoknak a betegségeknek a nyomai is, amelyek az ősállatok halálát okozták. Ilyenkor kétségtelen, hogy az állat sérüléseibe, vagy a gennyes gyulladások következményeibe halt bele. Az eltört, betegesen eltorzult, a gennyes gyulladásoktól nagymértékben elváltozott csontok mindent ugyanúgy elárulnak a hozzáértő szakembernek, akárcsak a háziállatok sérült vagy beteg testrészei az állatorvosnak.

A bécsi egyetem szakemberei, amikor megvizsgálták az imént említett apró barlangi medve újszülötteket, rájöttek arra, hogy az állatkák halálát fogzási zavarok okozták. A megröntgenezett apró állkapcsokban gyulladásos folyamatok játszódtak le, mert a barlangi medve törzsfejlődése folyamán változott a fogak száma, mérete és elhelyezkedése, de mindehhez az állkapocs egyéb csontjai már nem tudtak alkalmazkodni, s a törzsfejlődés folyamán egyre gyakrabban és gyakrabban pusztultak el az apró állatok fogzási zavarokban.

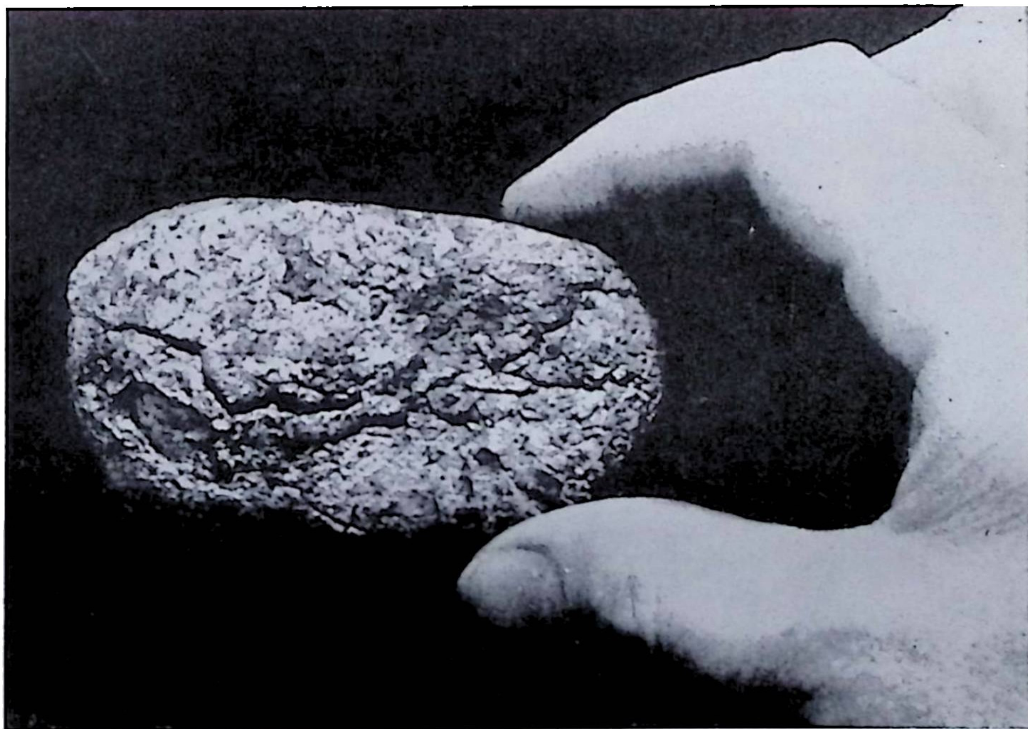
A halál

A halál az ősvilágban egészen olyan, mint ma. Ezer arcú és ezer alakban leselkedik áldozatára. Régi tűzhányó kialudt kráterében meggyűlt esővíz csillog. Kék tengerszem. Ide járnak a környék állatai inni. A tavacska azonban gonosz és csalóka, halált jelent a szomjazóknak. A kráterből hosszú évezredek elmúltával is gázok törnek föl, és a nehéz gázok meggyűlnek a kráter mélyedésében a víz tükre fölött. Amint az állat mohón lehajol ivásra készen és beszippantja a halálos gázt, elszédül, odarogy a tavacska partjára —, a többit azután hamarosan elvégzi és befejezi a mélyből egyre szivárgó gáz. Ezeknek az állatoknak a csontjai lassan betemetődnek a tóparton, s megmaradnak évezredeken, évmilliókon át a mai napig. A föld mélyéből felszivárgó gázok pedig, ha kisebb mértékben is, ma is állandóan ömlenek a tókörüli sziklák repedéseiből. (XIV. tábla.)

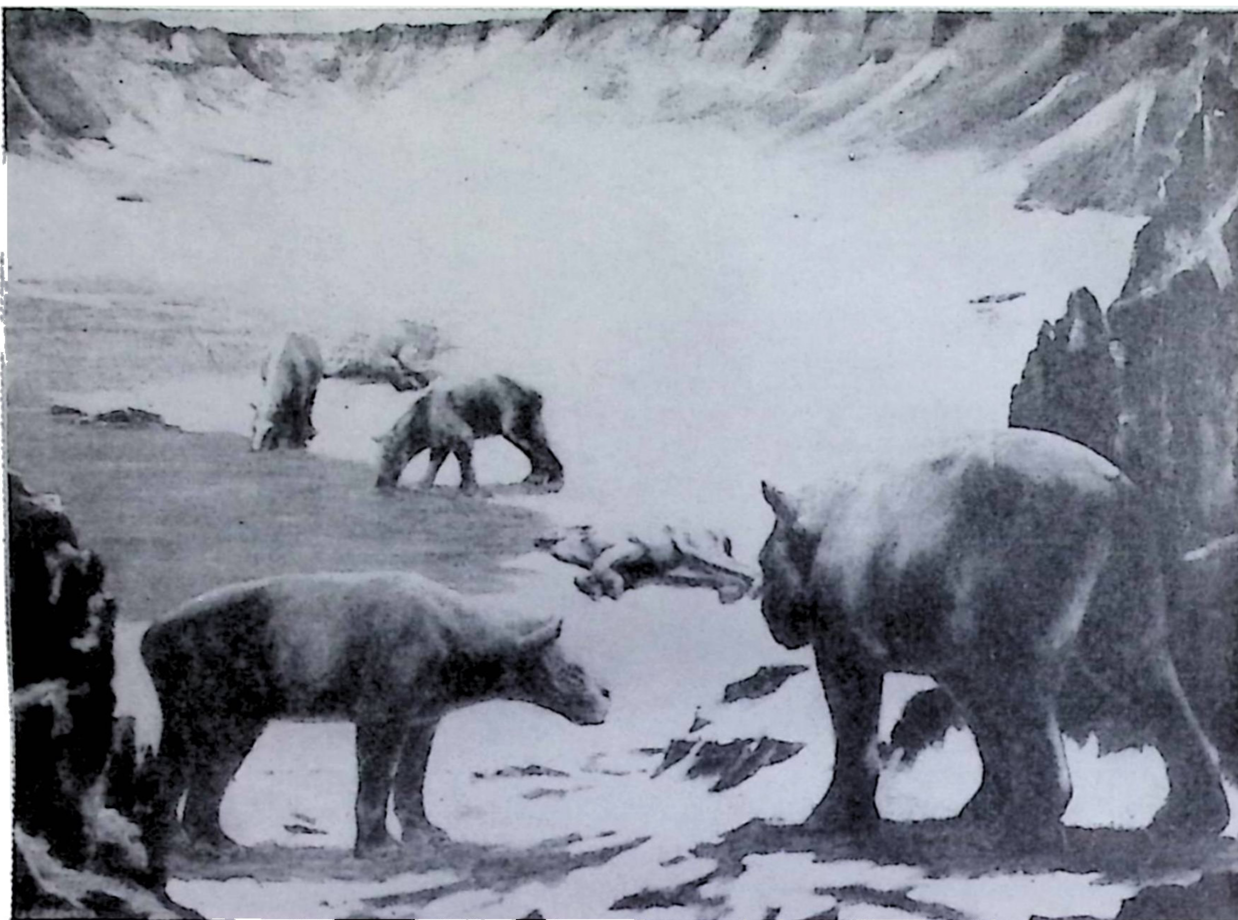
Az ilyen halál természetesen nem okozta az egész faj kipusztulását. Itt most nem is erről beszélünk. Az egyén, a család pusztulásáról, egy kisebb helyi jellegű állattársulás vesztéről, egy vidéket, a tenger vagy a folyó kisebb részletét benépesítő állatok haláláról van szó. Egy-egy állatfaj vagy állattörzs, egy egész időszak állatvilágának kipusztulása vagy kicserélődése az őslénytan vagy a származástan szempontjából sokkal, de sokkal nagyobb jelentőségű dolog. (Ezzel különben már *A Föld* című előző kötetben foglalkoztunk.) Az egyenkénti vagy tömeges egyéni halál azért mégis gyak-



Limulus (Mesolimulus walchi Desm.) *ősrák maradványa a hasoldalról nézve. Az apró, kerek szemecskék a rák kövesedett petéi (Solnhofen, Németország.* Müller *nyomán)*



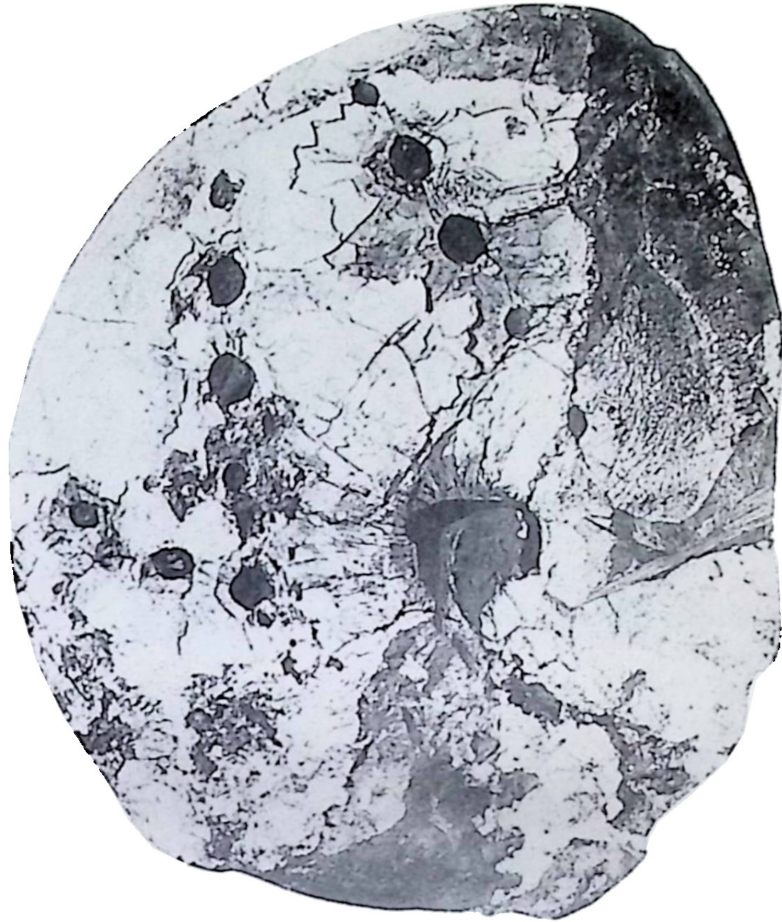
Az egyik ismert legrégibb őshüllő (Ophiacodon) *tojása (Perm időszak.* Romer *nyomán)*



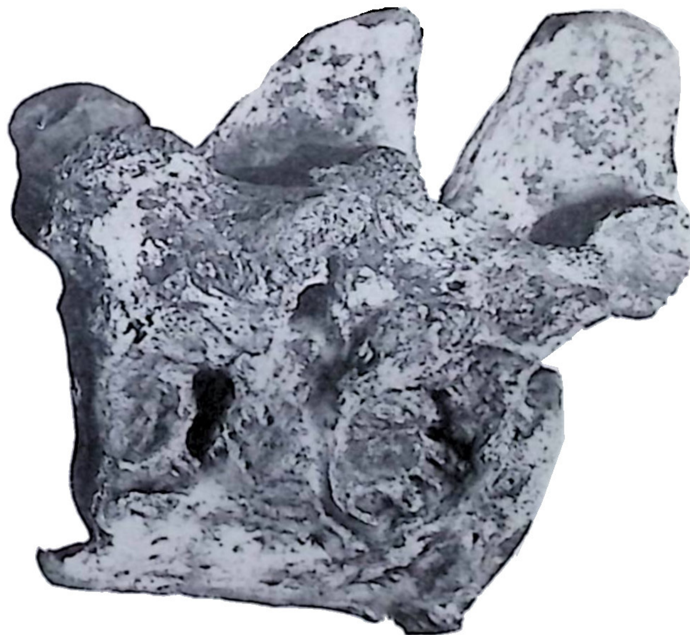
A patagóniai Sierra Canquel kopár vidékén emelkedik a Rincon de Scaritt vulkán. A komor, kietlen tájon az eocénben messze földön a krátertóban összegyűlt víz volt az egyetlen itató. A krátertó vize fölött meggyűlt szénsavas gázoktól százával hullottak el az állatok. A rekonstruált kép a Scarittia *nevű ősemlősök itatóhelyét ábrázolja*



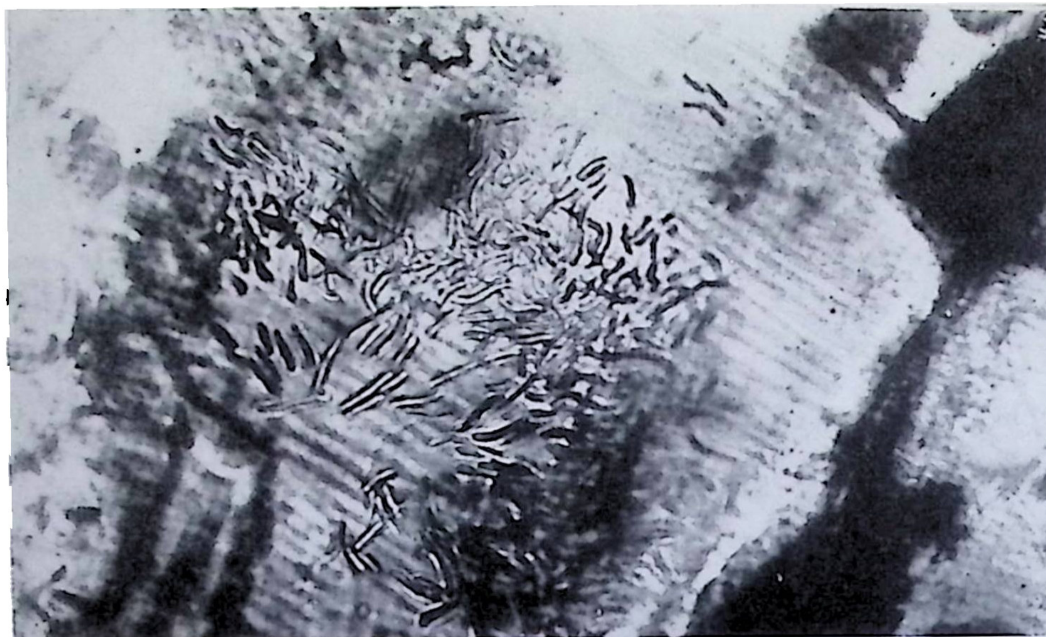
Dimetrodon *őshüllő törött és csontheggel gyógyult radiusza (orsócsontja)* (Moodie *nyomán)*



Placenticeras ammonites *az amerikai krétából. Jól látható a héjon a* Mosasaurus *tengeri őshüllő hegyes, kúpos fogainak a nyoma*



Barlangi medve összecsontosodott hátcsigolyái. A két csigolyatestet alul erős csontköpeny köti össze



Kövesedett baktériumok egy kihalt rovar (Eopyrophorus) *tracheájában — a geiseltali eocénkori barna kőszén-telepből. Kb. 1900 × nagyítás* (Krumbiegel *nyomán)*



Fosszilis gyöngy a nagymarosi lajtamészkőből (természetes nagyság)



Kalciumkarbonátot kiválasztó baktériumok (ún. álmikrokokkuszok) (Kambrium eleje, Észak-Amerika;. Walcott *nyomán)*

ran tár elénk a földtörténeti múltból olyan igazságokat, amelyek érdekesek is, tanulságosak is.

Gondoljunk arra, hogy egy-egy, napokig tartó hatalmas vihar alatt milyen töméntelen állat pusztul el a tengerben, vagy milyen tömeges halált okoz hideg vagy meleg vízáramlatok betörése, a víz sótartalmának változása, a vízpart sekély vizének felmelegedése a napsütésben, a beálló oxigén- illetve levegőhiány. *Weiler* német tudós írt le Magyarországról kövesült halmaradványokból álló harmad-kori tengeri faunát. Minden egyes halnak görcsösen kitátott szája arról tanúskodott, hogy az állat fulladás következtében pusztult el, amikor a túlságosan felmelegedett partmenti sekély vízben oxigénhiány állt elő. Más alkalommal olyan halmaradványt találtak, amelynek szájából egy másik, alig valamivel kisebb hal lógott ki. Nyilvánvaló, hogy a rabló nem tudta áldozatát lenyelni, megfulladt s mindketten odavesztek, illetve fosszilizálódtak.

Vajon milyen példát tárjunk még az olvasó elé a sok ezer és ezer ősvilági haláleset kövesedett bizonyítéka közül? Akad olyan is, amelyik az egysejtű állatok halálával, sőt az elöregedett egysejtű szervezet „aggkori kimúlásával" foglalkozik. Az ember hajlandó azt gondolni, hogy az ilyen mikroszkopikus „apróság" esetében mindaz, ami patologikus, a több tucatnyi évmillió távlatában már meseszerű s könnyen meglehet, nem bírja ki a szigorú kritikát.

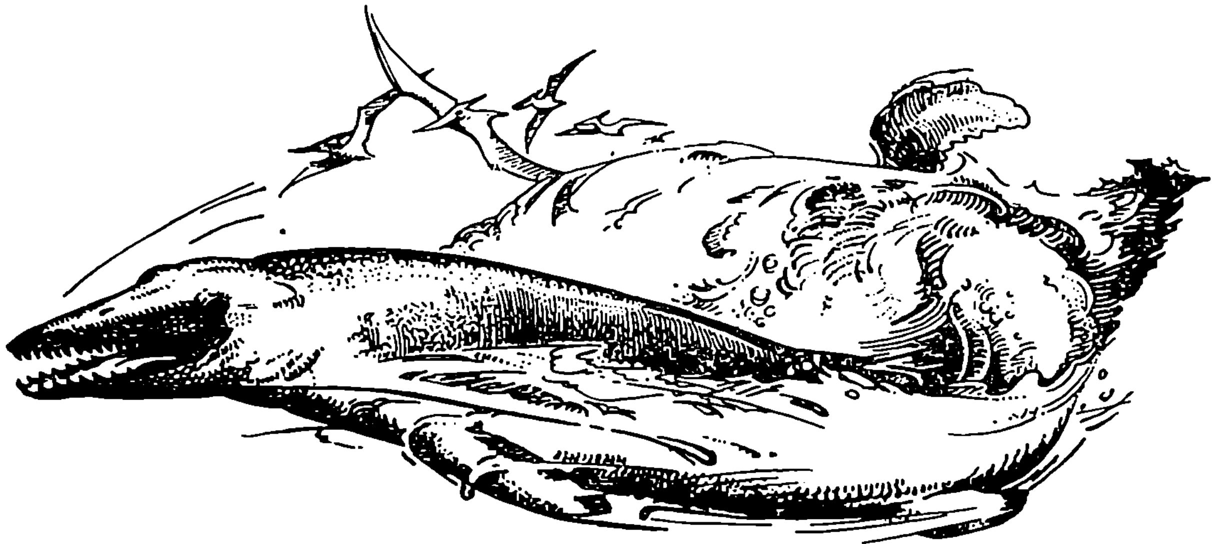
Pedig nem így áll a dolog.

Hol fogható meg a kérdés? Egyik könyvemben, amit nemrégiben az ősállatok betegségeiről írtam, azt mondottam, hogy az életnek azoknál a mély gyökereinél, amelyek a szerves élet alapanyagáig, a plazmáig nyúlnak, mert ezeknek a kicsiny állatoknak egyetlen sejtből álló testét ugyanaz az élő anyag, a plazma alkotja, mint amilyen élő sejtek tömegéből épül fel a soksejtű állatoknak, vagy akár az embernek a teste. Az egyén megöregedésével, sok egysejtű állatkán, például foraminiferán, jól láthatóan jelentkeznek az öregkori halált megelőző jelenségek. A szakemberek számos esetben bizonyították be, hogy az állat *természetes halállal* múlt ki. A kiöregedett, meggyengült életerejű plazma végső erőfeszítésére vall, hogy az utolsó kamrácskák, amelyek az egysejtű állatka házát felépítik, egyre alacsonyabbak a többinél. Az elöregedett plazma tömege már nem bizonyult elégségesnek a szükséges kamratér betöltésére, s gyenge mészfalakat, mintegy természetes „rabitzfalat" hozott létre, sőt a öregkori kamrafal teljes elmeszesítésére sem volt elég ereje.

Mennyire jellemző eset ez. Az öröklött ösztönös kényszer akkor is megindítja az új kamra képződésének folyamatát, amikor a befejezésre az elöregedett plazmatömeg már nem képes.

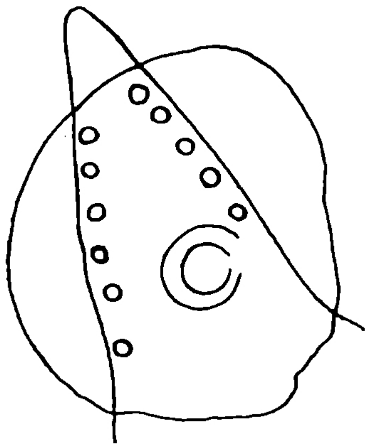
Hasonló esetek tömege valósággal tolong az irodalomban. Azután akadnak egészen másfélék, amikor az életerős állatot pusztítja el egy másik, nála hatalmasabb rabló vagy ragadozó. A kréta időszak végén *Placenticeras* ammoniteszek éltek az Amerika helyén terpeszkedő őstengerben. Kedvező életviszonyok, élelembőség jellemezte a tengervizet a parttól bizonyos távolságban. Az egykori tengeriszapból keletkezett márgában az ammonitesz héjakon kívül sok a *Mosasaurus*, tengeri ősgyík csontmaradványa. Külső alakjukkal emlékeztetnek ezek az állatok a ma élő krokodilusokra, s hosszúranyúlt krokodilus-állkapcsukban nekik is hegyes, erős, kúp alakú krokodilus-fogaik voltak. (13. ábra.)

A sok tengeri ősmaradvány között különös, átlyuggatott falú ammonitesz-házakat találtak a gyűjtők. A házfalat valami többszörösen átharapta anélkül, hogy az egészet szétroppantotta volna. Ez azonban már nem segített az ammoniteszen, mert a nagy lyukakon mindenfelől házába hatolt a tengervíz, lágy teste is erősen megsérült, s hamarosan kimúlt. Az üres héj azután alászállt a víztömegen át az iszapba, ott betemetődött és fosszilizálódott. (XV. tábla.)



13. ábra. Mosasaurus (Tylosaurus) *tengeri ősgyík a kréta tengerben. A levegőben repülő sárkányok*

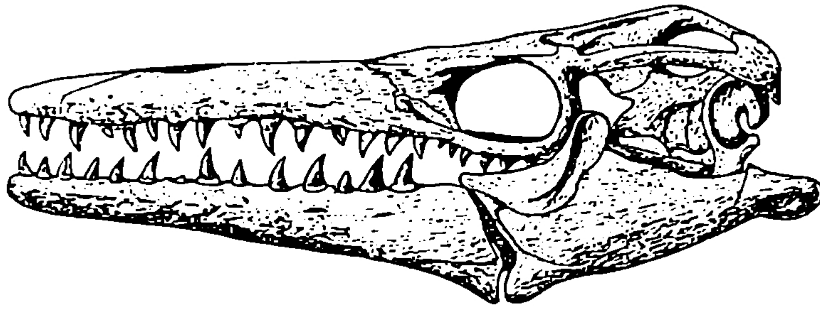
A szakemberek a lyukak elhelyezkedéséből, alakjából és számából rájöttek, hogy a nagy, lágytestű ammoniteszeket a *Mosasaurus*ok ölték meg. Úgy látszik, rendszeresen táplálkoztak velük. A lyukak két sorban ültek a házfalon, s amerre az állkapocs két ága ék alakban összefutott, arrafelé közelítettek egymáshoz. Az alsó és a felső állkapocs olló módjára kapta közre az ammoniteszt, tehát a ház mindkét oldalán ott láthatók az ellentétes fogak nyomai. (14. ábra). A *Mosasaurus* különösképpen a szájpadlásán *(pterigoideumán)* is apró fogacskákat viselt, s ezek nyomai is meglátszanak a héjon. Ezek a fogak pedig abban az időben más tengeri őshüllőn ismeretlenek. (15. ábra.)



14. ábra. A lyukak két sorban ülnek az Ammonites házának falán. Az Ammonites (Placenticeras cf. whitfieldi Hyat) *körvonala fölé berajzoltuk a Mosasaurus állkapcsának körvonalait a fogak helyével, illetve a fogaknak megfelelő lyukakkal*

Az állat pusztulását okozó ellenséges támadásnak számos esetben maradt nyoma a gerincesek ősmaradványain. Még az olyan állatok csontjain is, amelyek szintén félelmetes ragadozók voltak. A bécsi Természettudományi Múzeum 1908-ban vásárolt egy kardfogú tigris csontvázat, amely Argentína jégkorszaki üledékeiből származott. A csontváz egyes darabjait — természetes anatómiai helyzetüknek megfelelően — drótvázra szerelték, és az egyik üvegszekrényben felállították. Ettől kezdve fél évszázadon át senki sem törődött vele. A nagyközönség megbámulta s tovább ment, a tudósok pedig elfeledték. 1955-ben *Drexler*, az egyetem anatómiai intézetének tanára vette szemügyre. Részletes kórbonctani elemzés után valóságos ősvilági drámát írt az amerikai kardfogú tigris haláláról.

Az állat rendkívül öreg korát a csontvázon tapasztalható súlyos, degeneratív jellegű öregkori elváltozások bizonyítják. Így rendkívül kopott a negyedik előzápfog és a tépőfog koronája, amelyeken a fogbélkamrák is nyitottak. A harmadik előzápfog még az állat életében kihullott, s a fogmederfalak öszenőttek. Az állatot súlyos öregkori torzító köszvény *(arthritis* és *spondylosis)* támadta meg.



15. ábra. A Mosasaurus (Mosasaurus horridus Williston) *koponyája. Ez az állat harapta át az Ammonites házfalát. (Lásd a XV. táblát.) A szemüreg alatt jól látszanak a szájpadlás apró fogai is*

Második és harmadik ágyékcsigolyája ennek következtében összenőtt. Ujjpercein, lábközép és lábtőcsontjain, valamint a fibula és tibia alsó ízületi végein rendkívül nagymértékű, köszvényes eredetű csontfelrakódások láthatók. Hasonló jelenségeket észleltek fogságban tartott oroszlánokon és tigriseken, s ezek analógiájára *Drexler* legalább 25 évre becsülte az amerikai kardfogú tigris korát.

Nem csodálkozhatunk azon, hogy ilyen korban, ennyire súlyos kóros elváltozásokkal terhelten bizonytalanná válik az ugrás. Az állat támadás közben kevésbé határozott, s a nagyobb testi erővel rendelkező, nagytermetű növényevővel szemben, ha történetesen óriáslajhárt, ősbölényt vagy masztodont támadott meg, az életre-halálra megindult küzdelemben alul maradt.

A természettől örökségképpen kapott gyorsabb „észjárás", könyörtelen önfegyelem, halálos biztonság az áldozattal vagy az ellenféllel szemben — ez biztosít szinte mértéktelen előnyt a macskaféle ragadozóknak. Mindezt a fajformáló erők nehéz küzdelem árán vívták ki évmilliók alatt, s ezek mondottak csődöt most, az öreg állat életének egyetlen óráján, vagy talán csak néhány percében. Az ellenfél — esetleg több is lehetett — fellökte, földre taposta, bordáit bezúzta, bal oldali combcsontját, jobb oldali lábszárcsontját és szárkapocscsontját összetörte.

A szívós óriásmacska túlélte vereségét. Bordái, végtagcsontjai szilárdan összeforrtak. Hetekig tartó elvonultságot, hónapokig tartó éhezést és kínlódást jelentett ez. A végleges gyógyulás azonban már nem következett be. A csonttörést csontvelőgyulladás követte, s ez végzett vele.

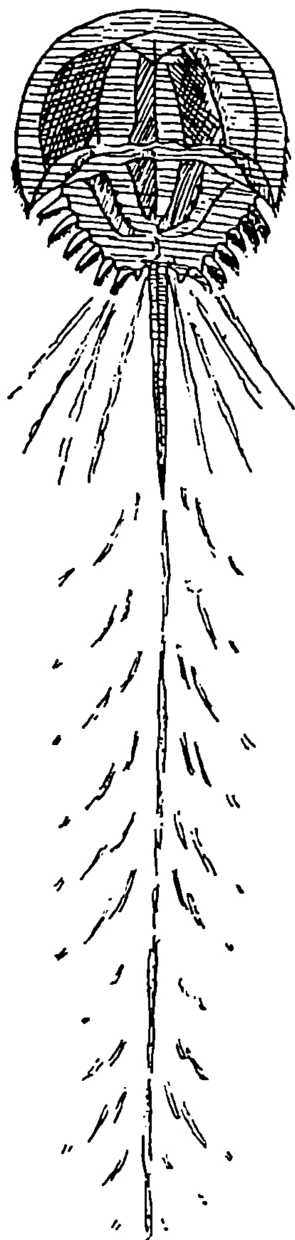
Mindez, amit most elbeszéltünk, kissé regényesnek tűnik. Egyetlen állat csontjaiból kiolvasni élettörténetének utolsó napjait... De mindjárt másként látjuk a dolgot, ha olyan példát választunk, amelyben több, merőben eltérő típusú állatnak ugyanabban az élettérben bekövetkezett pusztulását mutatjuk be. A németor-



16. ábra. A Limulus ősrák képe. Jura, Solnhofen

szági Solnhofen vidékén a jurában tengerpart vonult végig. A napsütésben fehéren csillogó mésziszap borította. Amint egy-egy nagyobb hullám partra futott, sok élő állatot vitt magával, s ezek azután ott maradtak a lapos strandon, amikor a víz visszaszivárgott a tengerbe.

Íme egy életkép. Mindenfelé vízicsigák mászkálnak, néhány tövises farkú *Limulus* ősrák (16. ábra) keresi közöttük a visszavezető utat. Odébb jókora ősi tintahal csapkod karjaival , s mereven előreveti két hosszú tapogatóját. Őt viseli meg leghamarabb a Nap perzselő melege. Lágy teste kiszárad, az iszap rendkívül gyorsan keményedik körülötte, megfogja, visszatartja, mígnem haláküzdelmében kihányja a gyomortartalmát, egy másik őspolip félig megemésztett testének maradványait. Az ősrák heves farkcsapásokkal rohan tova a kiszáradó parton. (17. ábra). Hatalmas, sisak alakú fejpáncélja mélyen belesüpped a lágy anyagba, s a megszilárduló iszaptömeg őt is halálos szorítással veszi körül. Erejének végső megfeszítésével néhányszor még nekifeszíti hosszú, merev farktövisét a cementkeménységűvé váló talajnak, azután elcsendesedik, kimúlik, kiszárad. A csigák után hosszú ösvények maradnak az iszapvilág felszínén, mielőtt ők is végleg megrekednének, s ezek a különös halálösvények ugyanúgy megkövesednek, mint a tintahal vergődésének nyomai vagy a sisakos ősrák haláltusájának kemény farkcsapásai.



17. ábra. A Limulus ősrák a lágy tengerparti iszapon tova futott. Halálvergődésébe hátramaradt hosszú tövisének nyoma, amint a faroktövissel jobbra-balra csapkodott. (Walter *nyomán*)

A hullámok egymást követik. Az egyik tisztára mossa a kis tragédiák színhelyét, a másik iszapréteggel takarja be, s hosszú évmilliókra állandósítja. A szél erősödik. Néhány rovart sodor az újabb iszapréteg lágy felületére. Átnedvesedett szárnnyal menekülni nem tudnak, s tehetetlenül köröznek a vizes anyagon: halálörvényt kavarnak maguk körül. Ez is megmarad a kiszáradó strandon, s a szél finom, száraz korallhomokkal takarja be. (6. ábra.)

Ezek közismert példák az őséletttanban. A szakember tucatjával idézhetne hasonlókat. Mi most befejezésül az ősember világából vett néhány különösen érdekes képre szeretnénk felhívni a figyelmet. Olaszország, Franciaország és Spanyolország barlangfestményei és sziklakarcai között olyan életnagyságú, olykor több méter hosszú állat- és ember-ábrázolások akadnak, amelyek évtízezredekkel ezelőtt letűnt világok harcosainak és vadászainak a haláláról tájékoztatnak. Ezek a barlangi képek sérüléseket, halálos kimenetelű vadász-szerencsétlenségeket, harci tevékenységet örökítenek meg. Franciaországban, Dordogne-ban másfél méter magas, tragikus jelenetet ábrázoló sziklaképet találtak. A Lescaux-barlang falára festette az ősember fekete és vörös festékkel. Az ősvadász rosszul vetett lándzsával megsebesítette az ősbölénybikát. Az állatnak kiontotta a beleit, s a felbőszült vad letaposta a vadászt. Meg kell említenünk, hogy vannak, akik a képet szimbolikus jelentőségűnek tartják, amit elsősorban a fekvő alak madárfejszerű álarcára s a melléje rajzolt, madárban végződő totembotra alapítanak. Az a tény, hogy



18. ábra. Az ősember sziklafestménye a Lascaux barlangban. Dordogne, Franciaország. Az ősvadász megsebesítette a bölénybikát. A vadász a földön fekszik, lándzsája a bölény belét kiontotta

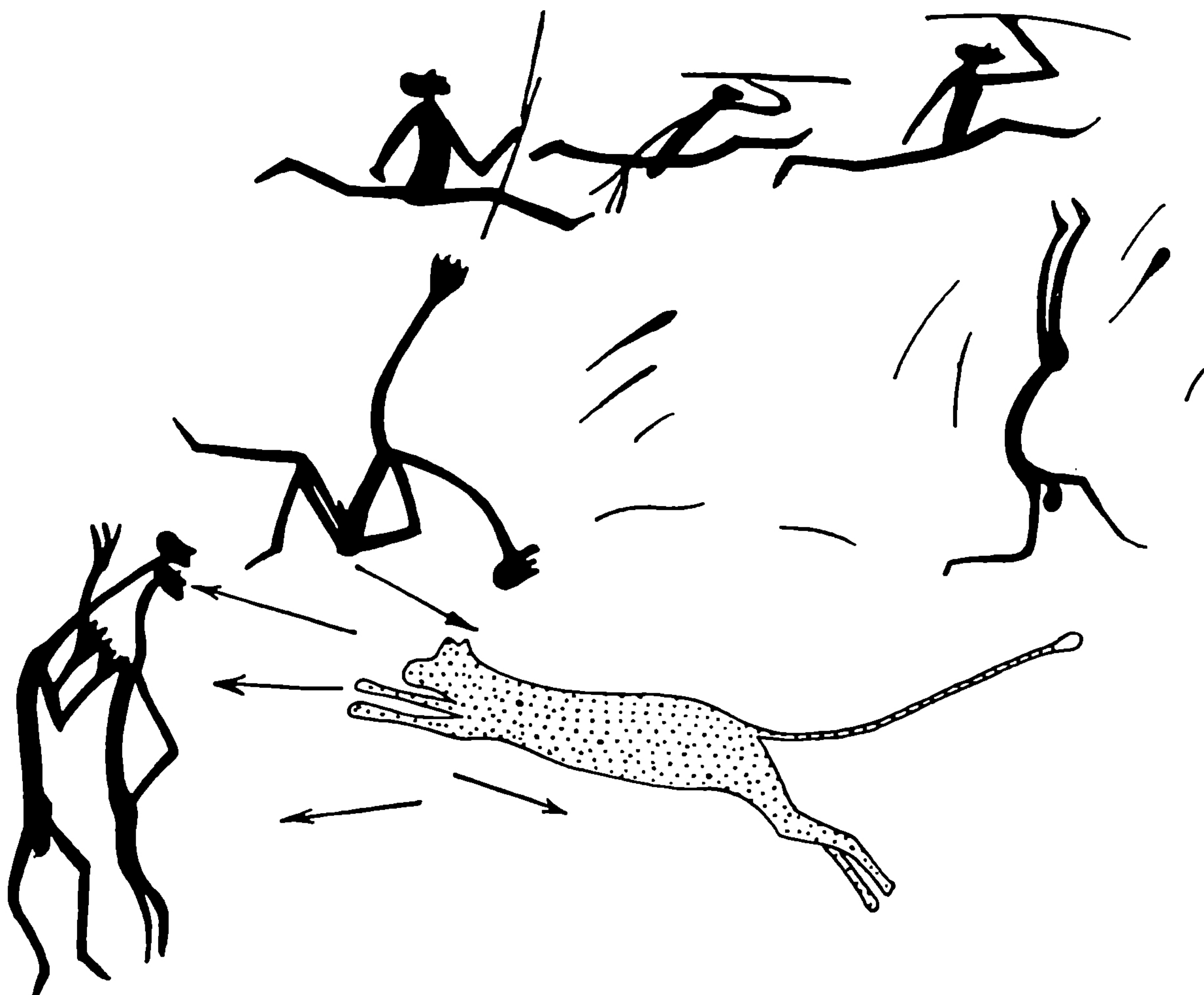


19. ábra. Megnyilazott őstulok üldözi az ősvadászt. (Spanyolország, Cueva Remigia, Gasulla üreg)

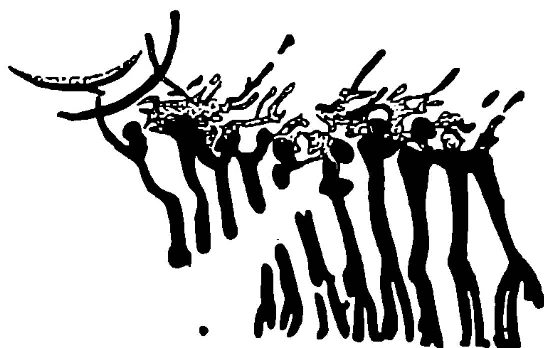
ebben az időben van már olyan ősrégi konvenció és hagyomány, amely élményeket és kész szereplőket — a földön fekvő álarcost és a halált jelképező megsebesített vadat — bocsájt valakinek a rendelkezésére, — ez a tény magában véve is figyelemre méltó dolog, de az életből ellesett történetnek valós voltán mitsem változtat. És számunkra a jelen esetben ez a fontos. (18. ábra.)

Egy másik képen a megnyilazott őstulok üldözi az ősvadászt. A remekbe festett faliképen az állat mindössze 12 cm magas, mondhatnánk egyike az első ősvilági miniatűröknek, amelyet vörös színnel vázoltak a spanyolországi Gasulla-üreg falára. A fejvesztetten menekülő ősvadász baljában szorongatja az íjat s egy nyílvesszőt (19. ábra).

Az előbbi kép a halál komor tragikumát tárja elénk. A hatalmas állat fejét szügyébe vágva toporzékol, sörénye égnek mered, farkát hátrafelé csapja, lábait a földre feszíti. A földre terített embert csupán néhány vonás jelzi. De milyen találó, kifejező vonás! A halálos zuhanásban szétvetett karok; az elnyúlt sovány, szinte szánalomra méltó test; a földre lapuló, szétterpesztett ujjú tenyér. Ezzel szemben a második képből letagadhatatlanul némi komikum árad. A vad hajsza a spanyol bikavia-



20. ábra. Párduc támadja meg a vadászokat. A kilőtt, céltévesztett nyilak a földön hevernek. (Dél-Afrikai sziklakép)





21. ábra. A kivégzés első ránkmaradt ábrázolása. (Spanyolországi sziklakép a Gasulla üreg faláról)

dalok kinevetett torreádorának esetére emlékeztet. S hogy nem túlzunk, amikor humoros vonást vélünk felfedezni a rajzban, emlékeztetünk egy harmadik képre, amelyen párduc támad a vadászcsoportra. Aki teheti, vad futásban keres menedéket. Ketten tehetetlenül, egymásba kapaszkodva reszketnek az előtérben, s van, aki ijedtében felbukik és cigánykereket vet a legveszélyesebb pillanatban. Tagadhatatlanul groteszk élmény, groteszk vonásokkal megörökítve (20. ábra).

A spanyolországi Gasulla-üregben találtak egy másik, számunkra nagyon fontos és jellemző sziklaképet. Ezt is fekete és vörös színnel festette az ősember a sziklára. A kép teljes hossza huszonhét és fél centiméter s a kivégzés első ránk maradt ábrázolása. A háttérben íjat és nyílvesszőt fejük fölött rázó harcosok láthatók, az előtérben földön fekszik a nyíllövésekkel



22. ábra. Lenyilazott harcos. Az ősember falfestménye. Fején tollbokréta, kezében íj. A kép 17 cm széles. Spanyolország, La Saltadora. (Obermaier *nyomán)*

kivégzett ősember. A csoport ábrázolása, az ordítozva fejük fölött hadonászó alakok rajza, a haldokló vagy halott magános, számkivetett volta művészien örökíti meg a jelenetet (21. ábra).

Halálos sebben összerogyó, ledárdázott vagy megnyilazott harcosok képe egyébként nem tartozik a ritkaságok közé (22. ábra).

Ezzel talán zárhatjuk is fejezetünket. Látjuk, hogy az egyén biológiájában a születés és halál módja, szerepe ugyanaz a letűnt földtörténeti időszakokban is, mint ma. S a következő fejezetből majd az is kitűnik, hogy a halált megelőző betegségek tanulmányozása sem fog merőben újat hozni a számunkra.

BETEG ŐSÁLLATOK

Az ősbetegségek tana

Négy évvel ezelőtt a Magyar Orvostörténeti Könyvtár *Palla* Ákos kezdeményező munkája révén kiadta a magyar kutatóknak azokat a munkáit, amelyek az ősállatoknak, az ősembernek és a történelem előtti embernek a betegségeiről szólnak. Ez a döntés egy új tudományágnak, a *paleopatológiá*nak vagy magyarul az ősbetegségek tanának a megalapozását jelenti. Olyan tudományét, amellyel nemcsak az orvosok, hanem az ősállattan, és az embertan szakemberei is foglalkoznak.

Bizonyára felötlött már bennünk a kérdés: vajon mióta van betegség a Földön, vagy voltak-e betegségokozó baktériumok az ősvilágban? Minderre az ősállatok betegségeivel foglalkozó őséletbúvár adhat választ. Ha pedig azt kérdezzük, hogy a fogszuvasodás vagy a köszvény már az ősembert is bántotta-e, akkor az orvos és az embertan szakembere felel igennel vagy nemmel. Az orvostudomány régóta figyelmeztet arra, hogy a fogszuvasodás az emberi civilizációval együtt terjed, és sok száz ősemberi fogat kell megvizsgálni, mire egy-egy szuvas fogra akadunk. Azt azonban az orvosok közül is kevesen tudják, hogy a fogszuvasodás betegségének kezdete messze visszanyúlik a földtörténeti múltba, a sok millió éves ősvilágok ködös homályába, mert hiszen már 70—80 millió évvel ezelőtt, a kréta időszakban is éltek olyan ősállatok, például az említett *Mosasaurus*, amelyeknek fogain nagy szuvas üregek nyíltak. A fogszuvasodás azonban, ha a folyamat fájdalmas is, még nem halálos baj. Sokkal veszedelmesebb emberre és állatra egyaránt a tuberkulózis. Mit tud erről az ősbetegségek tudománya? Vannak leletek, amelyek azt látszanak bizonyítani, hogy a tuberkulózis az őskor emberét, a történelem előtti embert, sőt az ősállatokat is megtámadta és súlyos elváltozásokat hagyott csontjaikon.

A vizsgálatok szerint a kőszénkorszaktól kezdve, tehát mintegy 300 millió éve vannak biztos nyomok kórokozó baktériumok tevékenységéről. Az őshüllők, az óriástermetű sárkánygyíkok csontjain csonthártyagyulladás és csontvelőgyulladás súlyos eseteit észlelték. Amerikában találtak egy *Dinosaurus*-csontvázat, amelynek medencecsontjában gennyes csontelhalásos folyamat következtében több literes üreg kelekezett. Más alkalommal karbon és perm időszaki őshüllők csigolyanyúlványain és végtagcsontjain olyan törést követő fertőzések, súlyos csontvelőgyulladások nyomaira bukkantak, amelyek valósággal a felismerhetetlenségig eltorzították a vázrészeket (23. ábra).

Kétségtelen, hogy az ember a betegségek egy részét az ősállatok birodalmából „hozta magával". A betegségek őstörténetét tehát az ősember betegségeinek ismeretén túl tovább kell kutatni a földtörténeti múltban élt állatokon. Annak ugyanis, aki az ősállatok betegségeivel foglalkozik, elvitathatatlan előnye, hogy egy-egy betegség lefolyását, keletkezését és gyógyulását, főként azonban hatását sok esetben végig-

tanulmányozhatja nemcsak az egyeden, hanem a fajon, sőt az egymás nyomába lépő fajok törzsfejlődésében is. Ezek tanulmányozása pedig megerősít bennünket abban a tudatban, hogy az állatfajok és fajták, valamint az emberi nem egyedeinek természetes gyógyulása azonos utakat követ.

Az ősállatok betegségeinek ősi megnyilvánulási módjai lényegükben már magukon viselik az egyes betegségeknek mindazokat a főbb sajátságait, amelyeket napjaink beteg élőlényeinek tanulmányozása révén ismerünk. Még a legegyszerűbb élőlényeknek, például a kihalt egysejtű állatoknak a betegségeit is ismerjük. Vázaikon gyógyult töréseknek, repedéseknek, a váz kiegészülésének, fejlődési rendellenességének nyomai látszanak. De lágyrészeik betegségeinek nyomai is megmaradtak a szilárd vázrészeken. Táplálkozásuk zavaraival, a környezet hőmérsékletének megváltozásával kapcsolatos betegség pusztító hatása, az öregedéssel járó alakváltozások, torzulások olvashatók le a parányi mészpáncélokról. Olyan, évmilliókkal ezelőtt lezajlott betegségekről tanúskodnak, amelyek egyúttal az első betegség-fajtáknak ma még felismerhető és megkülönböztethető alaptípusai.



23. ábra. Törés őshüllő csonton és a törést követő gennyes csonthártya- és csontvelő gyulladás nyoma. Perm. Az ismert legrégibb csontbetegségek egyike (Moodie *nyomán)*

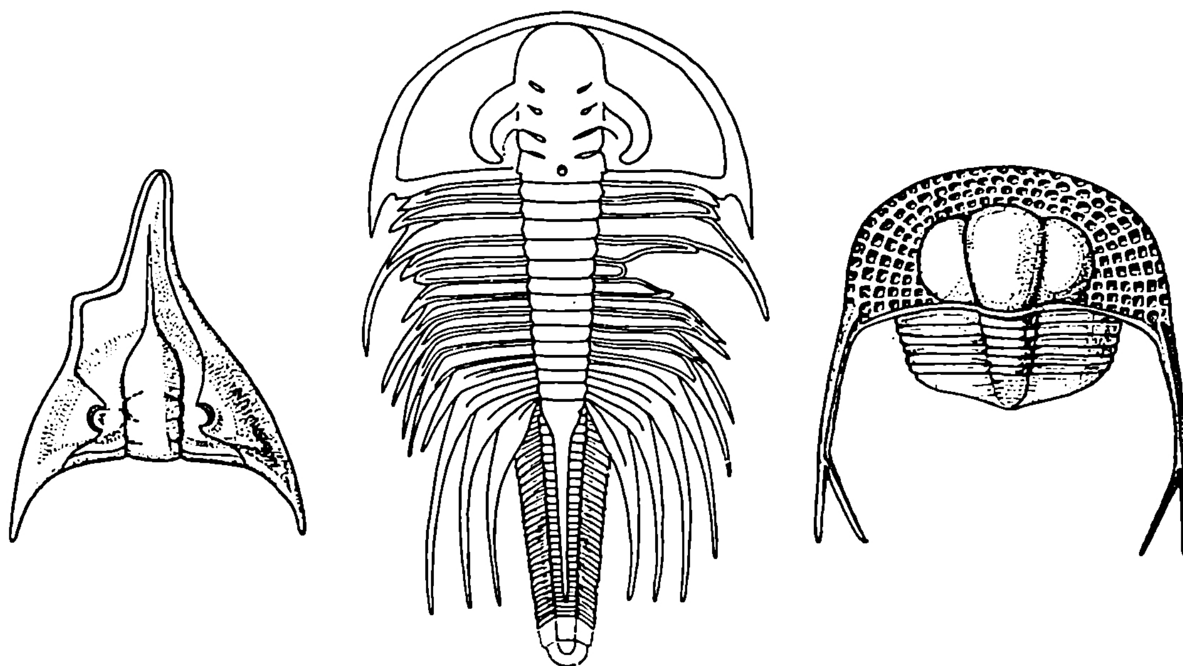
Az ősrákok *(Trilobiták)* között találjuk az eddig ismert legrégibb betegség nyomokat. Ezek részben a vedlés alatt bekövetkezett sérülésekkel függnek össze, vagy egyelőre felismerhetetlen eredetű elváltozások. Észak-Amerikából, a kambrium elejéről több példányt ismertettek, s újabban egyre többet foglalkoznak velük (24. ábra).

Más előnye is van a beteg ősállati maradványok vizsgálatának. A leletek nagy száma lehetővé teszi a statisztikai kiértékelést. A szakembereknek olykor módja van arra, hogy egyetlen állatfaj több ezer egyedét vizsgálja meg s a beteg példányokat kiválogassa.

Ilyenkor a ritkább betegség-fajták is előkerülnek. Az alacsonyabbrendű állatokon, például a tengeri sünökön, a tengeri liliomokon, rákokon, kagylókon, csigákon élnek élősködők is, rendszerint férgek. Hatalmas daganatokat, torz kinövéseket okoznak, sőt a gazdaállatot is elpusztíthatják. Jellemző, hogy ezek az élősdiek évszázmilliókon át megmaradtak, utódaik ugyanúgy élősködnek ma is a tengeri csigákon, a kagylókon, a rákokon vagy a tengeri sünökön.

Ismerünk ősvilági legyeket, bögölyöket, szúnyogokat, kullancsokat, rühatkákat, tetűket és bolhákat (25. ábra). Legtöbbjüket a borostyánkő, vagyis az ősfenyők gyantája őrizte meg. A borostyánkőben talált bolha legalább 50 millió éves. Rovarevő emlősállatokon élősködött. Különösen érdekes, hogy már abban az időben minden szerve, például a szúrásra és vérszívásra átalakult szájrészei, hatalmas ugrólábai ugyanolyan fejlettek voltak, mint ma is élő utódaié (26. ábra). Még a csecselégynek is megtalálták kihalt, kövesedett ősét (27. ábra).

Az orvost — érthető módon — a magasabbrendű gerinces állatoknak, az emlősöknek a betegségei érdeklik. A szakirodalomban is ezekről található a legtöbb adat. A test lágy részei ugyan a kövesedés alatt elpusztultak, de a szilárd vázrészek, a csontok igen jól megőrizték számos betegség

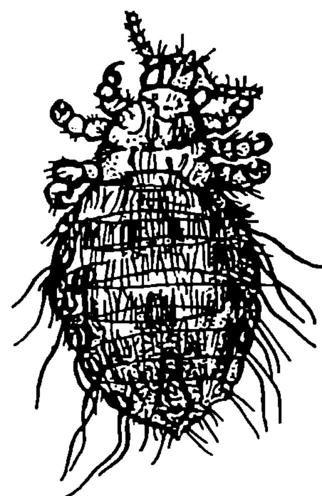


24. ábra. Trilobiták az észak-amerikai kambriumból és szilúrból, sérülések és vedlés közben bekövetkezett patologiás elváltozások nyomaival. Ezek az eddig ismert legősibb betegségnyomok közé tartoznak

nyomát. Tudnunk kell ugyanis, hogy a csontok gyakran nyújtanak felvilágosítást a lágyrészek betegségeiről is, különösen az ízületekben vagy azokon a helyeken, ahol az izmok tapadnak.

Beteg ősállati csontról először 1774-ben számoltak be. Azóta gyűltek az adatok a szakirodalomban, de csak 1923-ban jelent meg egy olyan összefoglalás, amely áttekintést adott a gerinces ősállatok betegségeiről. Ez a munka azonban főleg az amerikai múzeumok leleteit ismertette. A magyar kutatók egybegyűjtve a hatalmas hazai beteg ősállatcsont-anyagot, két évtizedes munka után most egybefoglalták mindazt, amit az ősvilági betegségekről tudunk.

Különösen jól ismerjük az ősállatok csonttöréseit. A legrégibb ismert csonttörések 150—200 millió évvel ezelőtt élt őshüllők maradványain találhatók. Bár ezeknek az őshüllőknek a csontszövetei különböztek az emlősállatokétól, ám a csontheg képződése, a csonthártyagyulladás és csontvelőgyulladás ugyanúgy zajlott le akkor is, mint ma. Érdekes, hogy a 20—25 méter hosszú, sok tonna testsúlyú sárkánygyík eltört 2—3 méteres végtagcsontja is összeforrott (XV. tábla).



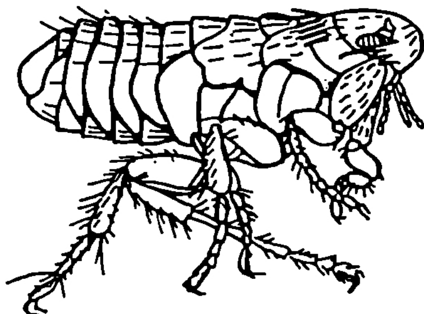
25. ábra. Egy mumifikálódott jégkorszaki ectoparasita (Neohaematopinus relictus Doubinine). *Szibéria, Indigirka. Gerinceseken élősködött, 30×-os nagyítás* (Doubinine *nyomán)*

Sok súlyos kimenetelű állkapcsi gennyedés nyomait is ismerjük. Ez a betegség gyakori volt a barlangi medvéken. Ezek hosszú életkort értek meg, fogaik rágófelülete nagymértékben lekopott, a fogbélüregek megnyíltak és gyakran fertőződött a fogmeder.

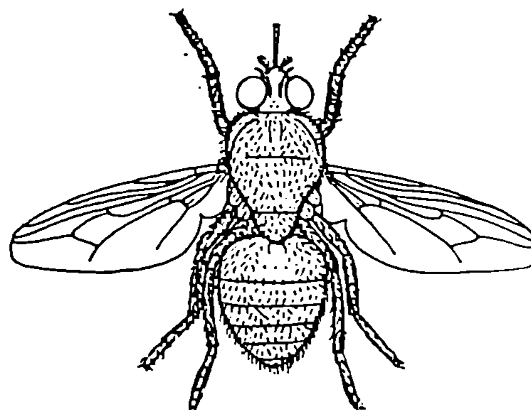
Kihalt emlősállatok maradványain gyakoriak a ge-

rinc csontjainak és izületeinek a megbetegedése. Számos olyan példa ismeretes, amely a gerincbetegségek legsúlyosabb eseteit tárja elénk. Előfordul, hogy a szomszédos csigolyákat széles csontköpeny köti össze, és így tökéletesen összecsontosodtak. Hosszú lefolyású, idült megbetegedésekről van itt szó, rendszerint a végső állapotról, amikor a betegség erősen megtámadta a csontszövetet. A lágyrészek betegségeire épp ebből következtetünk.

A sok ezer ősmaradvány vizsgálatát először az ősállattan szakemberei végezték. Később egyre több alkalommal kapcsolódtak a munkába orvosok is. A kutatás mindjobban elmélyült és kiszélesedett, mind többen foglalkoztak részletkérdésekkel. A tudomány végül is eljutott odáig, hogy a kóresetek egyszerű leírásán kívül kutatni kezdte, hogyan viselkedett az egész élő szervezet a betegség esetén. De a szakemberek hamarosan rájöttek arra, hogy ez sem elég. Vizsgálni kezdték egy-egy korszak teljes állatközösségének a betegségeit. Az egyén betegségének vizsgálata mellett tehát itt is megjelent a „közösség egészségügyének" a vizsgálata. Foglalkozni kezdtek a környezet hatásaival: a hőhatással, a fényhatással, a táplálékváltozással, majd rátértek az öröklődés kérdésére, az éghajlat-változás rendkívüli hatásainak, a fertőző betegségeknek — például a tuberkulózisnak — a vizsgálatára. Elkezdtek foglalkozni az egyén és az egész faj vagy állat-csoport degenerálódásának a kérdésével, az agyalapi mirigy növekedésének és túlzott működésének eredményeképpen jelentkező óriásnövéssel, és végső fokon a faj kipusztulásával.



26. ábra. Eocén bolha. (Palaeopsylla klebsiana Dampf.) *Borostyánkőzárvány.* (Augusta és Laurentiaux *nyomán)*



27. ábra. Ősvilági csecselégy (Glossina oligocena Scudder). *12,5 mm hosszú. Oligocén, Colorado.* (Laurentiaux *nyomán)*

Az ősbetegségek tudományának az ősállatok betegségeivel foglalkozó ága ma is ezeket tartja a legfontosabb vizsgálati feladatoknak. Hozzá kell tennünk, hogy ma már nem az őséletbúvároké a döntő szó, hanem — helyesen — az orvosoké. Az utóbbi évtizedekben különösképpen sok szó esik az ősbetegségek tudományának az ember betegségeit kutató ágáról is, amely — érthető módon — a leginkább érdekel bennünket.

Vita az egymilliárd éves mikrokokkusz körül

Franciaországban *Pasteur* munkássága nyomán valósággal divattá vált az ősbaktériumok kutatása. Sok, nem is sejtett vonatkozás világosodott meg a földtörténeti múlt és a ma baktériumai között. Minden különbözőségük ellenére mélyreható rokonsági kapcsolatokat fedeztek fel közöttük, és hamarosan nagy népszerűségnek örvendő, vaskos paleobakteriológiai dolgozatok jelentek meg. A baj csak az volt, hogy nem orvosok, biológusok és bakteriológusok kutattak, hanem ásványtannal, őslénytannal és növénytannal foglalkozó szakemberek, akik a maguk szaktudományán túl a baktériumokhoz keveset vagy semmit sem értettek. Amit írtak, különös alkotói tevékenység eredménye volt. Helytálló megfigyelések és gyatra következtetések, hamis beállítások s már eleve elhibázott kutatási módszerek és technikai eljárások szövevényéből alakult az irodalmi anyag, amely sehogyan sem illeszkedett be a modern bakteriológia légkörébe.

Említettük, hogy a karbon és perm időszakoktól kezdve vannak közvetett bizonyítékaink kórokozó baktériumok tevékenységéről. Ezek az őshüllők csontjain jelentkező gennyes gyulladások nyomai. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy a baktériumok kórokozó voltát akkor sem lehetne minden kétséget kizáró módon bizonyítani, ha történetesen kövesedhettek volna, mert a tudomány mai állása szerint nem tudjuk eldönteni, melyik baktérium volt kórokozó, melyik vett részt az állati tetem felbomlásában, és melyik került a fosszilizálódás idején a környezetből az ősmaradványba (XVI. tábla).

A baktériumokat, amint tudjuk, a legtöbb esetben nem lehet külső, alaki bélyegeik alapján megkülönböztetni. A baktérium betegségkeltő tulajdonságának igazolására pedig az orvos elengedhetetlenül fontosnak tartja a biológiai próbák elvégzését. Például a gümőkor során képződött sarjszövethez hasonló szöveti elváltozás sok más betegségben kialakulhat. A sarjszövetek igazi természetének igazolására a bakteriológiai lelet nélkülözhetetlen. Régebben a gümőkor esetében megelégedtünk a gümőbacilus mikroszkópos kimutatásával; ma már fontos követelmény, hogy a bacilusok valódi természetét biológiai próbával: állatoltással, kitenyésztéssel is igazoljuk. Szükséges ez azért, hogy a számos *pseudotuberkulózis*-bacilustól a valódit elkülönítsük. Ezért nem tudjuk eldönteni ma sem sok kóros barlangi medve-csontról, hogy tuberkulotikus egyéntől származik-e, vagy hasonló csontszöveti elváltozásokat okozó másféle betegségben szenvedett az állat.

1914-ben Észak-Amerikában, Montana államban a földtörténeti őskorból származó mészkőben *Walcott* olyan baktérium-láncokat fedezett fel, amelyek mikrokokkuszokra hasonlítottak. Íme, mondották a szakemberek, megvan a legrégibb kórokozó baktérium. Méghozzá olyan időszakból, amikor még nyoma sincs a gerinces állatok maradványainak. Később azonban kiderült, hogy ezek mészkiválasztó baktériumok, amelyek ma is élnek a tengervízben, s csak a kövesedés folyamán tapadtak egymáshoz oly módon, hogy mikrokokkusz-láncoknak nézték őket. Kétségtelen, hogy ezek az ismert legősibb baktériumok, de nincs betegség okozó jelentőségük, és semmi közük a mikrokokkuszokhoz (XVI. tábla).

Kétszájú csiga, kövült gyöngy, kasztrált kagyló...

Az ember nem hinné, mennyi érdekes eset adódik, ha a gerinctelen állatok szinte áttekinthetetlen birodalmát a patológus szemével vizsgálja. A kagylót és csigát például — bizonyos csoportoktól eltekintve — a külvilág káros hatásai ellen kemény teknő vagy ház védi. De mi történik akkor, ha ez a védőpáncél eltörik vagy beroppan? Nos, a házfal vastagsága nem zárja ki a tört részek összeforradásának, kiegészülésének, amint mondani szokás: regenerálódásának a lehetőségét.

Különösen gyakori a csigákon a szájnyílás környékének a sérülése, amikor a házfal még nem érte el növekedése közben a kellő vastagságot és szilárdságot. Az állat regeneráló képessége viszont éppen a szájnyílás körül a legnagyobb, tehát ott, ahol a lágy test köpenye a házfal szilárdító anyagát, a kalciumkarbonátot kiválasztja. Megesik, hogy a csiga nemcsak házfalának tört részét egészíti ki, hanem a vele érintkező idegen tárgyakat: kavicsot, dióhéjat, idegen csigaházat is bevonja mészanyaggal és „odaerősíti" magához.

Teknő- vagy házfal-sérülésen kívül lehet az állat életében más kritikus helyzet is, amely további védekezésre kényszeríti. Így például, ha idegen test jut a köpeny alá és azt izgatja, kagylóban is és csigában is gyöngyképződés indulhat meg. Olykor több élősködő vagy homokszem kerül a kagylóköpeny és a teknő belső gyöngyházrétege közé, s ilyenkor gyöngyházkinövések halmaza keletkezik. A Földtani Intézet gyűjteményében van több balatoni kecskeköröm *(Congeria)*, amelynek belső, sima gyöngyházrétegét nagy gyöngyház-hólyagok borítják. A hólyagokon egy-egy apró nyílás látható. A nyílást a gyöngyházhólyagokat előidéző élősködő hozta létre és tartotta nyitva, hogy a belső üreg a külvilággal érintkezésben maradjon, és ezen a nyíláson át állandóan friss vízhez jusson.

De igazi ősvilági gyöngyöket is ismerünk, mégpedig közel mogyorónyi, tekintélyes méretű példányokat, csakhogy ezeknek gyöngyházrétege évmilliók alatt feloldódott, eltűnt, és ezért nemesgyöngy értékük nincsen (XVI. tábla).

Egy másik említésre érdemes eset szinte túl merész ahhoz, hogy az állat elevennek hasson. Kettős szájú *Clausilia* csiga ez, a fajra jellemző méretekkel és külső alakkal. A tornyos, karcsú csigaház tíz kanyarulatból áll. Az utolsó kanyarulaton a rendes szájnyílás mellett egy másik, nagyobb szájnyílás is látható. Ez a rendellenes szájnyílás van összeköttetésben a csigaház belsejével, a rendes szájnyílást pedig utólagosan képződött mészfal eltorlaszolta.

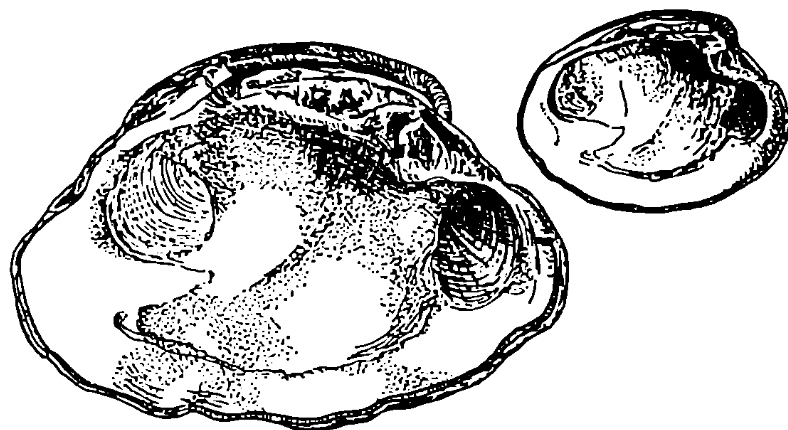
A csigaház megsérült, a rendes szájnyílásnál nagyobb lyuk keletkezett ott, ahol az állat testének minden esetben át kellett haladnia, ha ki akart jönni a házából. Miután ez a lyuk az utolsó kanyarulat fenekén nyílott, közvetlenül a rendes szájnyílás mögött — az állat teste a sérült helyen keresztül tolódott napvilágra, itt képezett magának egy újabb szájnyílást, a régi szájnyílás felé pedig a kivezető utat mészfallal zárta le. Tudnunk kell, hogy a csiga teste messzire visszahúzódhatik a házába, mert a lágy test csupán a ház csúcsával van összenőve, a test alsó részének mozgékonyságát tehát mi sem akadályozza.

Ezeknek az eseteknek a megelevenítésére nem kell különösebb képzelőerő. Annál nehezebb felderíteni a belső kóros folyamatokra utaló elváltozások okait. Bizonyos, hogy történnie kellett valaminek. De mi lehetett az?

A legszebb példa erre a nagy amerikai paleopatológus, *Moodie* esete. Ő 1923-ban, a kihalt élőlények betegségeiről írott alapvető munkájában említ egy miocén időszaki óriásnövésű tengeri kagylót, amely egyébként mindenben megegyezett a rétegben található valamennyi többi fajtársával, csak teknője nőtt azok többszörösére s vált durván vaskos alakká. *Moodie* édesvíz betörésével, a tengervíz sótartalmának hirte-

len csökkenésével magyarázta az esetet. A dolog ilyen egyszerű, ötletszerű elintézése természetesen nem helyes. Vannak megfigyelések a tengervíz sótartalmának ingadozását, hirtelen vagy fokozatos csökkenését, illetve növekedését követő átalakulásokról, a kagylók és csigák elváltozásairól, de ezekben az esetekben mindig a fauna együttes képét kell vizsgálnunk. Igaz, hogy a mutatkozó hatás egyik állat-csoporton vagy fajon könnyebben, a másikon nehezebben ellenőrizhető, mert az egyik jobban reagál a környezet változó hatásaira, mint a másik. Mégis kétségtelen, hogyha a faj *egyetlen* példányán észlelünk csak nagyobb változást, a többi egyed viszont rendes méretű és alakú, akkor az ok nem az *egész* állattársaságot együttesen érintő eseményben keresendő (28. ábra).

Nyilvánvaló, hogy így kell gondolkodnunk akkor is, amikor *Moodie* példányának óriásnövésével foglalkozunk. Annál is inkább, mert az óriásnövést előidéző ok az állat



28. ábra. Óriás növésű kagyló az észak-amerikai miocénből (Venus rileyi Conrad). *Mellette a rendes növésű példány.* (Moodie *nyomán)*

fiatal korától kezdve folyamatosan hatott, amit a kagylóteknő állandó egyenletes növekedése jelez, és amit nem akadályozott különösebb kóros elváltozás.

Idáig biztos úton jártunk következtetéseinkben. Most azonban egy szokatlan fordulóhoz érkezünk. A malakkológus *Boettger* vizsgálatai szerint a kagylók és csigák egyedeinek óriásnövését a növekedési és nemi tényezők együttesen jelentkező zavarai okozzák. Kiderítette, hogy egyes esetekben élősködők, illetőleg az élősködők által előidézett *természetes kasztráció* az oka az óriásnövésnek.

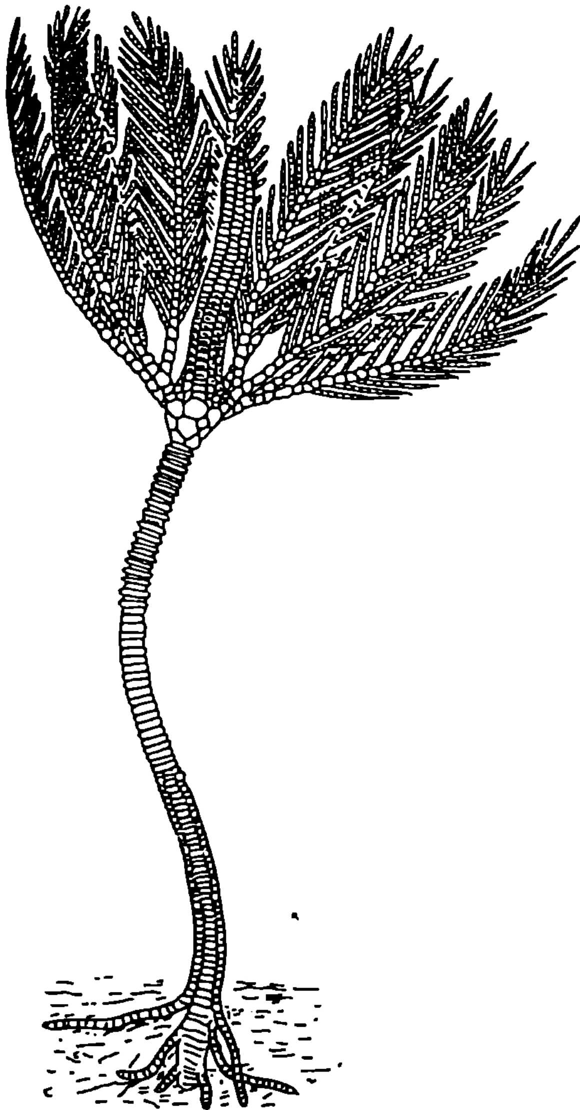
Kapcsoljuk egybe a kettőt: *Moodie* egyedi óriásnövését és *Boettger* vizsgálatának az eredményét. Ilyen vagy ehhez hasonló magyarázata lehet azoknak a látszólag rejtélyes eseteknek, amikor az egész állattársaságból csak csekély számú egyeden vagy egyetlen példányon észlelünk változást.

Daganat a tengeri liliomon

A tengeri liliomok az ősvilágok tengereinek legszebb és legérdekesebb tüskésbőrű állatai közé tartoznak. Legtöbbjüket számos ízből álló hosszú, hajlékony, finom vonalú nyél rögzítette a tengerfenékhez. Jellegzetes alkatuk már az első szempillantásra a Föld őskoráról beszél (29. ábra).

Voltak közöttük olyan fajok, amelyek életük egy részén úszva kalandozták be az óceán partszegélyét, megmegkapaszkodtak, s megint tovább utaztak. De akár ezeket, akár az előbb említett, helyhez rögzített fajokat nézzük, szervezetük főbb vonásaiban megegyeztek. Testük lágy részeit felfelé álló karokkal szegélyezett kehely zárta magába, amelyből egy hosszú nyél mozgékonyan egymásba kapcsolódó ízein át központi csatorna futott végig, le egészen a kapaszkodásra szolgáló gyökérrégióig. Az ízek kemény mészkorongjain áttörve így biztosította ez a kezdetleges, ősi szervezet az idegkötegek lefutását, a táplálócsatorna mélybe ereszkedését, s az egész megnyúlt, szinte groteszk szabású állati testet egybefűző és rögzítő kötőszövet kiterjedését.

Valahányszor ezt a növényi alkatú természeti lényt látjuk, jusson eszünkbe, hogy örökösen játszadozó, csapkodó, prédára leső karjaival állatokat fogdos és eszik, ahelyett, hogy a tengerfenék homokjából, amelyben megkapaszkodik, szívna élelmet. Állat ez, testén bevezető szájnyílással és kivezető végbélnyílással, noha mind a két nyílás még szorosan egymás mellett, a kehely közepén, az úgynevezett kehelyfedőn helyezkedik el.



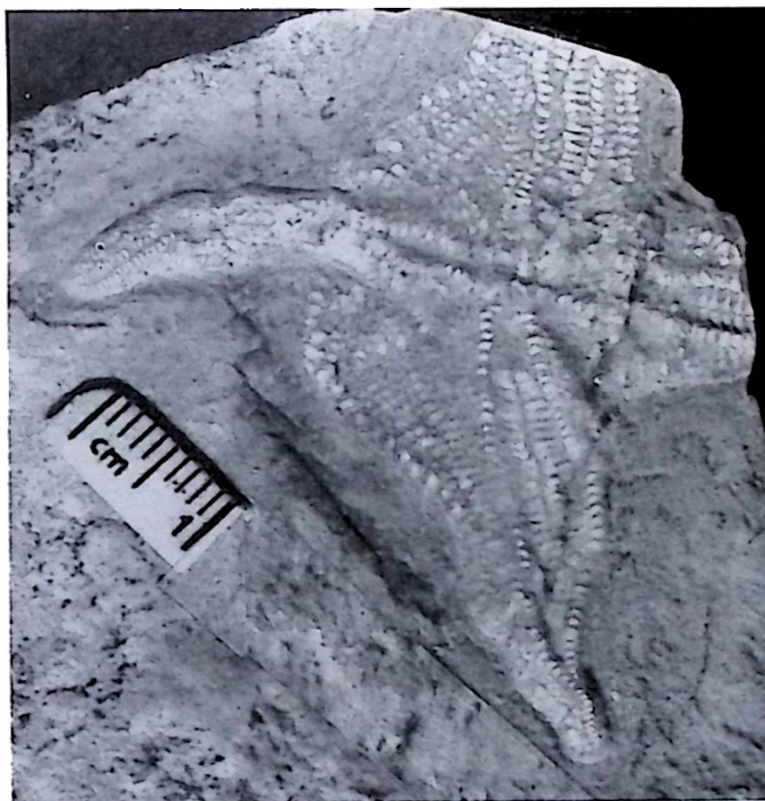
29. ábra. Kövült tengeri liliom



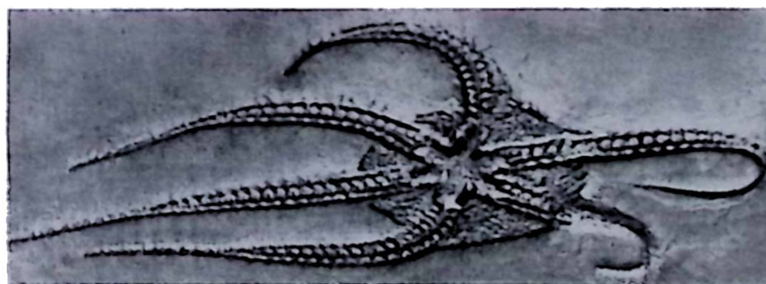
30. ábra. Parazita féregtől megtámadott tengeri liliom nyélrészlete az észak-amerikai kőszén időszaki rétegekből (Moodie *nyomán)*



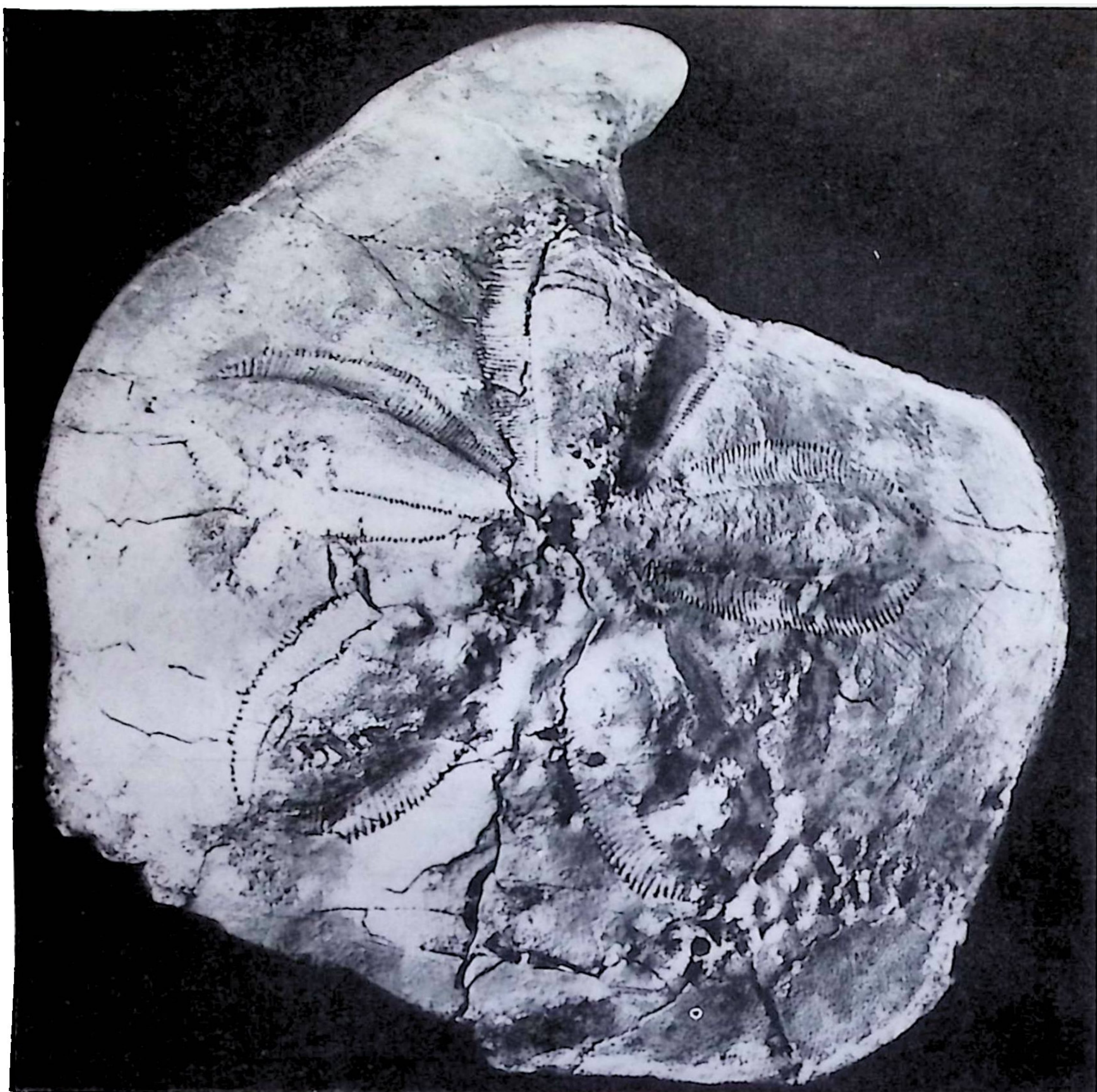
Meander. *Szalag alakú féreg-kúszásnyom* (Helminthoidea) *(Eocén, Bregenzi erdő)*



Négykarú tengeri csillag. (Veszprémi vágóhídi kőfejtő, triász időszak, karni emelet. Erősen nagyított kép, Oravecz János *nyomán)*



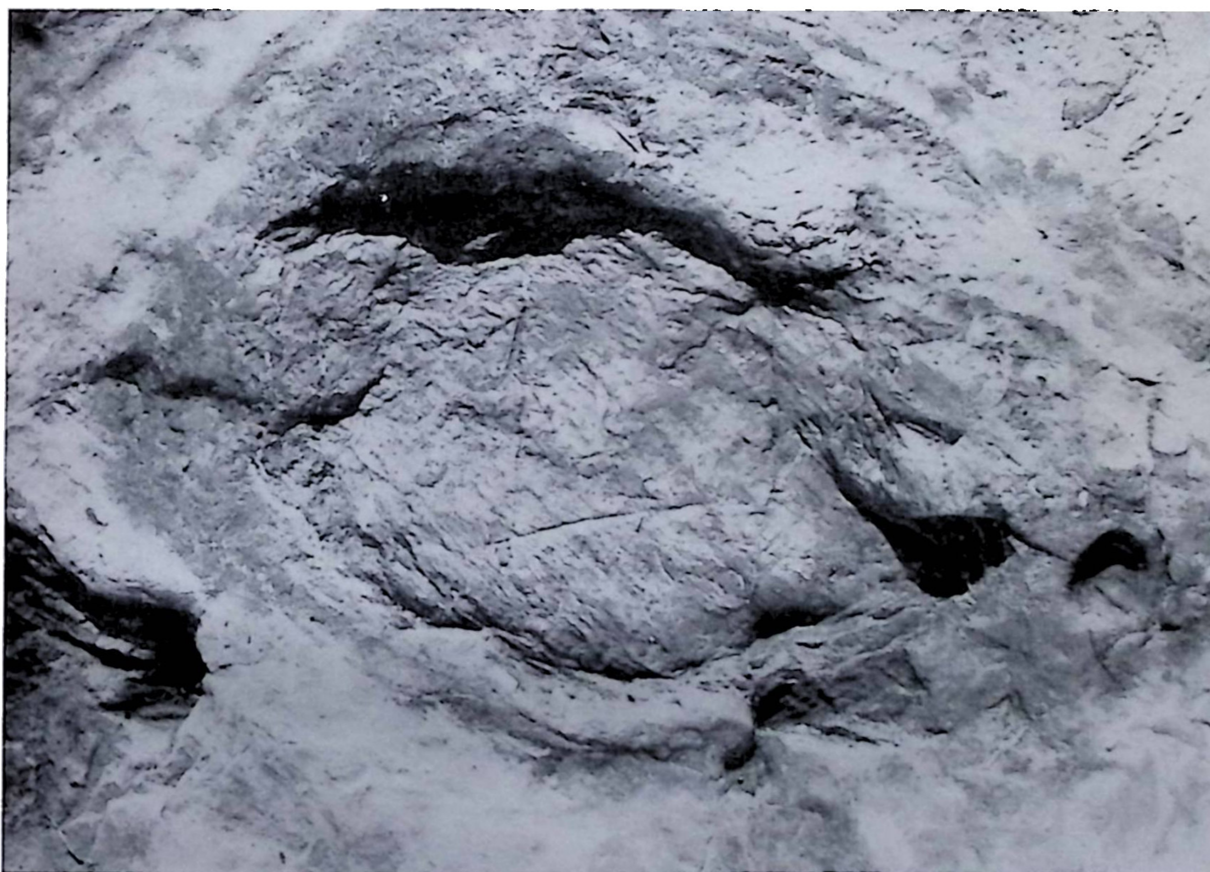
Hatkarú tengeri csillag; öt kar helyett (Alsó devon, Bundenbach, Németország)



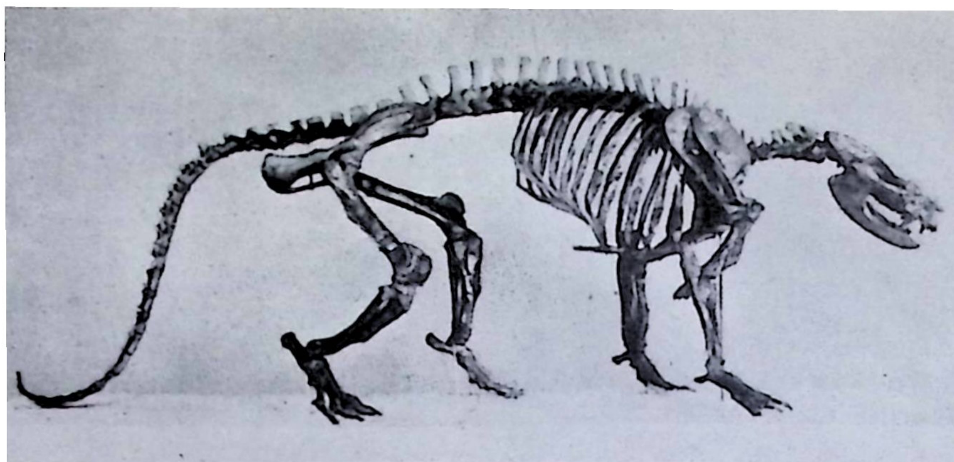
Sérült és részben regenerált vázú tengeri sün (Clypeaster sp.)
(Miocén, Nagyenyed. Vadász Elemér *nyomán)*

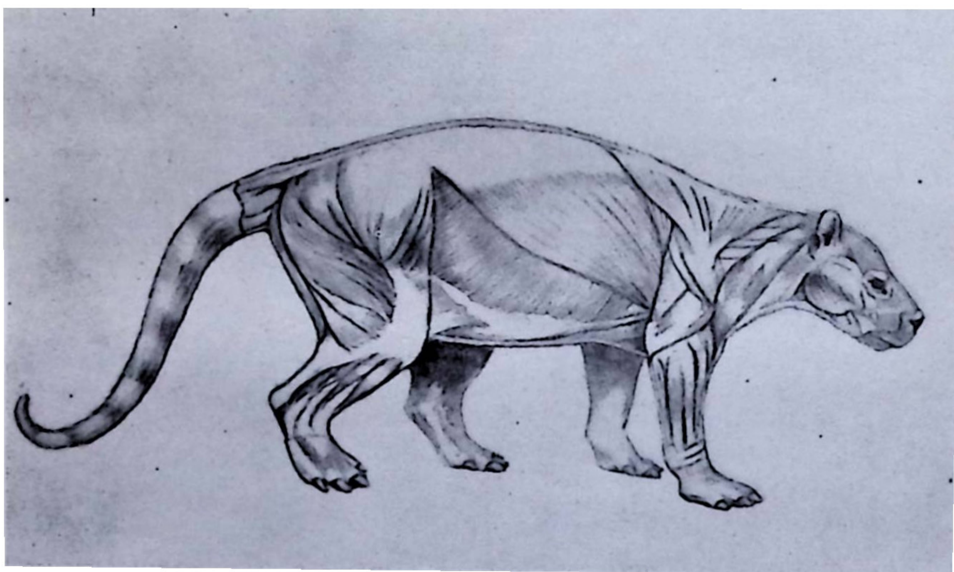


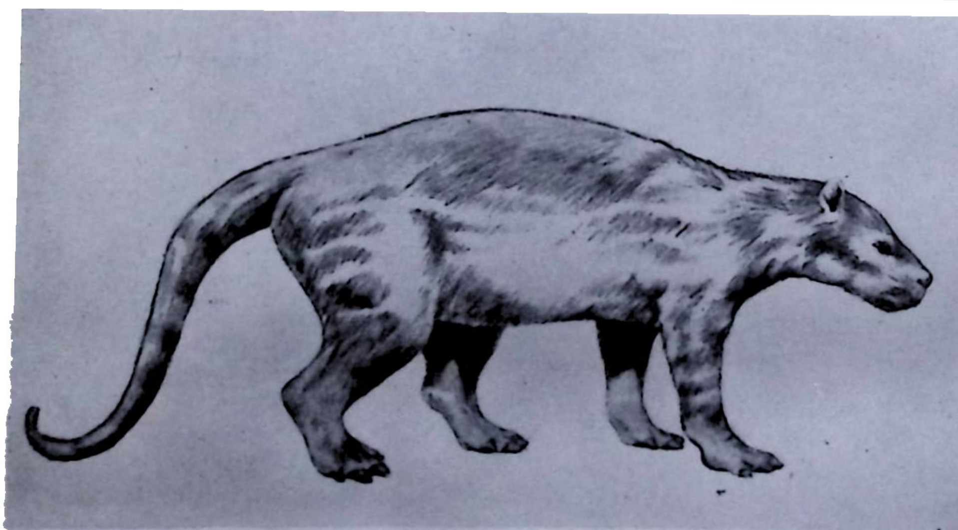
Barlangi medve koponyája oldalról nézve. Jól látható az eltört és ismét összeforrott, torzult járomcsont. A koponyatetőn nagy csontkinövés. A sérülést az ősember bunkója okozta (Igric barlang)



Mastodon *kövesedett ürüléke Ipolytarnócról (Miocén)*







Egy ősállat rekonstruálása. Csontváz, rajzban felrakott izomzat, megrajzolt kültakaró; Ectoconus majusculus Matthew *a felső paleocénből* (Germann *nyomán)*

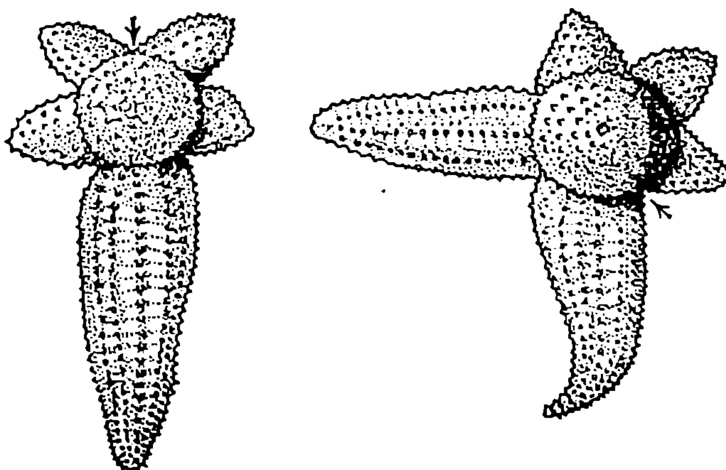
Ez az érdekes és különös lény több százmillió évvel ezelőtt, a szilur és devon időszakokban tömegesen élt a tengerfenéken. De később is, a karbonban vagy a földtörténeti középkor fejlettebb állatvilágú időszakaiban ott látjuk a víz sodrásában hajladozó „erdőségeit". Az egykori tengeriszapból ezrével és ezrével kerülnek elő szebbnél szebb ősmaradványai vagy jellemző, könnyen felismerhető nyéldarabkái. S ezeken a nyeleken olykor jókora daganatok éktelenkednek. A keskeny, karcsú nyél, mintha durva kéz kötötte volna göcsre, az ízek erős torzulásával jelzi, hogy a betegség rendkívül előrehaladott állapotban volt (30. ábra).

Miután ma is élnek tengeri liliomok, ha erősen megfogyatkozott számban és határozottan hanyatlóban levő jelentőséggel is, — a szakemberek kutatni kezdtek ezek soraiban hasonló betegségek után. *Graff* valóban talált élő patológiás példányokat, amelyeken különböző daganatok és bőrciszták voltak. A hosszan lecsüngő, körte alakú képződményeket felvágva megtalálta bennük azt az élősködő férget, amelynek a ciszta lakóhelyül szolgált. Most már csiszolatot készítettek a kihalt tengeri liliomok daganattól torzított nyeléből, s itt is megtalálták az évmilliókkal ezelőtt élősködő féreg lakókamráját és a külvilágba vezető keskeny járat nyílását.

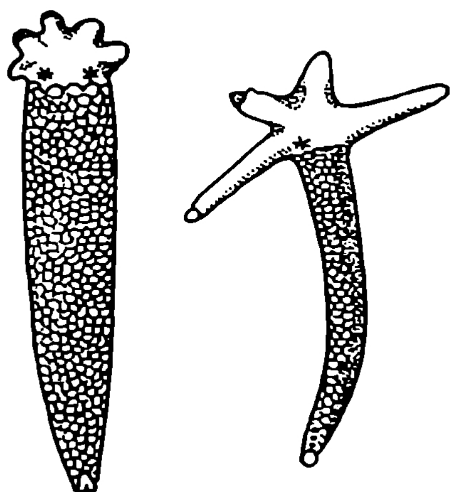
A kihalt tengeri liliomok cisztái és daganatai tehát az eddig ismert legősibb betegségfajták közé tartoznak, s változatlanul ma is megtalálhatók az élő tengeri liliomokon.

Az elvesztett kar története

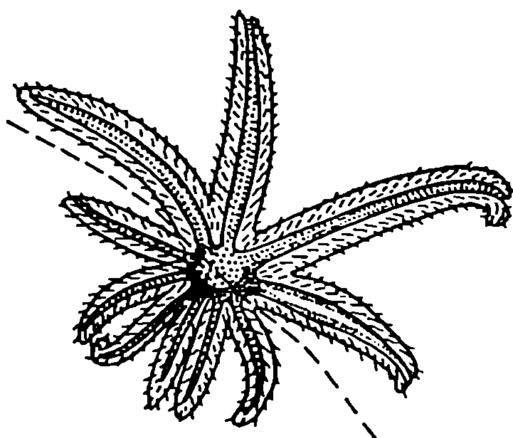
A tüskésbőrű állatok közül a tengeri liliomnál sokkal ismertebb a tengeri csillag. Ez az állat, ha másként nem, bizonyára szemünkbe ötlött már a tengerről szóló útikönyvek képein, amelyek a tenger változatos állatvilágát örökítik meg. Nincs helyhez kötve. Lassú mozgással vándorol a tengerfenéken. Az eltérő életmód szorosan összefügg az állat alakjával. Nem a szabad víztömeget szűrte át táplálék után, hanem szélesen elterülve a lapos tengerfenéken kereste prédáját. Ehhez az élethez tökéletesen alkalmazkodott az alakja, s egyes testrészei egymásközti arányának is ebben rejlik a titka.



31. ábra. Az Asterias rubens öncsonkítását követő regeneráció. Ez a tengeri csillag egyik karját rögzíti, miközben teste mozgásba lendül. A kar keresztben leválasztja saját magát, de magával viszi az emésztő- és szaporító szerveit. A seb igen gyorsan bezárul. Oly gyorsan megy végbe a leválás, amit erős inger, pl. sérülés, víz megromlása vált ki, hogy alig tudjuk szemmel kísérni



32. ábra. Ez a tengeri csillag (Coscinasterias tenuispina Lmk) *felnőtt korában 6—9 karján kívül gyakran még 2—6 kisebb új kart visel. Ezeknek az új karoknak a bimbódzása igen gyorsan megy végbe a sebhelyen s a fejlődés gyorsan halad tovább a teljes regeneráció felé*



33. ábra. Linckia multifora Lmk nevű tengeri csillag egy vagy több karja leválik, de legalább egy öreg karnak vissza kell maradnia. Az öreg karon visszamaradó testkorong 6 hónap alatt regenerálja az összes levált kart! De a leszakadt kar sebfelületén is 4—5 kis bimbó jelenik meg, amelyből új karok fejlődnek. Ezek az új karok megnagyobbodnak és új száj, új végbélnyílás jön létre. Ennél a fajnál ez a „regeneráció" az ivartalan szaporodás rendes menete. De a regenerálódás számos rendellenes alak létrejöttét eredményezi. (Villásan kettéágazó kar stb.)

A tengeri csillag teste központi korongból és karokból áll. Ezeknek a karoknak igen nagy a regeneráló képességük. Egyetlen leszakadt kar regenerálhatja az egész állatot, korongjával együtt, mert egy-egy karban az összes szervek megvannak. (31—33. ábra.) Az úgynevezett kígyókarú tengeri csillagoknál, ahol a szervek csak a központi testre szorítkoznak és nem terjednek át a karokba, nincs meg ez a nagyfokú regeneráló képesség.

Az állatkertek akváriumaiban tartott tengeri csillagokról tudjuk, hogy ha környezetükben nem jól érzik magukat, például a víz hidegebb vagy melegebb a kelleténél, az oldott sók szokott aránya megváltozik, vagy egyszerűen nincs ínyükre a bekebelezett táplálék, akkor egymás után elvetik karjukat, míg végül elpusztulnak. Akkor azonban, ha ellenség ragadja meg egyik vagy másik karjukat, úgy igyekeznek menekülni, hogy elvetik azt, áldozatul hagyják és tovább állnak. (Öncsonkításnak is nevezik ezt a jelenséget.) A hiányzó kar teljes nagyságában újra nőhet. *Simroth* azzal próbálkozott, hogy egy tengeri csillagot kétfelé vágott, az állat különböző szerveit is kétfelé vágta. Mind a két fél életben maradt, regenerálódott, csakhogy a karok száma nem az eredeti ötre egészült ki, hanem a kétkarúra csonkított fél négykarú, a három karúra csonkított fél hatkarú új egyeddé alakult. Amidőn a kísérletet — amely mintegy száz évvel ezelőtt történt — mások megismételték, ugyanezt tapasztalták (XVII. tábla).

Oravecz János Veszprémben, az Aranyosvölgy vágóhídi kőfejtőjének tűzkőlencsés, márgás mészkővében bukkant egy ősi négykarú tengeri csillagra. Ez a triász időszaki lelet ritkaságszámba megy, mert a tengeri csillagok mészlemezeikre esnek szét elpusztulásuk után, s az egész állat ritkán kövesedik meg. Az állatnak a három normálisan fejlett karja mellett valamivel rövidebb, kisebb mésztáblákból álló negyedik karja van (képünk bal oldalán). Rendkívüli a dologban az, hogy a kar melletti, úgynevezett *interbrachiális,* tehát karok közti területen az ötös szimmetriának megfelelően két kar nyoma látható. Ez jelzi a tengeri csillag karjainak eredeti ötös számát (XVII. tábla).

Az elvesztett és regenerált kar története azonban ősrégi. Voltak egyes ritka esetek, amidőn kihalt tengeri csillagok csonkult és regenerált karral kerültek kövületgyűjtők kezére. Biztos volt tehát, hogy ezeknek az alacsonyabbrendű tengeri állatoknak a földtörténeti múltban is megvolt a regeneráló képességük, s ezt a tulajdonságukat évszázmilliók során megőrizték. Csak az a kérdés, milyen mértékben, s egyáltalán lehet-e statisztikai vizsgálatokkal a csonkulások és a regeneráció mértékére és gyakoriságára következtetni?

1951-ben *Lehmann* elhatározta, hogy végére jár a dolognak. Egyetlen devon időszaki lelőhelynek több száz példányát vizsgálta meg Berlin és Bonn múzeumaiban. Tizenkét tengeri csillag-fajon huszonhárom esetben talált csonkulást, illetve regenerálódást. A sima, sötét színű palákban remek kövület-példányok voltak. *Lehmann* röntgenfelvételeket is készített róluk, s a kitűnő állapotú anyagnak még több részletét, itt-ott kőzettel takart anatómiai bélyegét is sikeresen tanulmányozta. És így lett nyilvánvalóvá, hogy a regenerált karok eredeti alakjukat nem nyerték vissza, az épen maradt karoknál kisebbek jöttek létre. Csupa alsó devoni alakról van szó. Véletlenség lenne? „*Az élő tengeri csillagokon a regenerálódott kar teljes nagyságában újra nőhet*" — állapították meg régen, *Lehmann* előtt a legkülönbözőbb szakemberek. Ez a fokozott regeneráló képesség a devon eleje óta fejlődött volna ki ilyen mértékben? A kérdésre egyelőre nincs válasz. Meg kell várni, míg *Lehmann* vizsgálatainak fonalát valaki újból felveszi, s talán megerősíti vagy megcáfolja a tételt.

Feljegyzések egy tengeri sünről

Az első világháborút közvetlenül megelőző komor és fenyegető napokban kezdték el nyomni a Magyar Földtani Intézet új, nagy alakú kiadványsorozatának második kötetét, amely az egymásra következő évek során oly sok és jelentős további munkának lett irányító, modern biológiai szemléletet biztosító műve. Előtte még szinte teljesen hiányzik a hazai ősgerinctelenek irodalmából annak az új tudománynak a munkálása, amelyet *Kovalevszkij*, *Dollo* és *Abel* igyekezett megtölteni anyaggal és tartalommal, s hazánkban is az őslénytan és a ma élő állatok biológiája között a kapcsolat megalapozódását jelentette. A kötet, amelyről szó van, *Vadász* Elemér vizsgálatait tartalmazza a hazai lelőhelyekről származó, miocén időszaki tengeri sünökről. Óriási anyagot, 2500 fosszilis tengeri sünt vizsgált. A munka szellemére jellemző, hogy figyelmet fordít a kihalt tüskésbőrűek élettanára, s ezzel kapcsolatosan betegségeikre is.

Az ősgerincesek, elsősorban a sárkánygyíkok kutatása terén *Nopcsa* Ferencnek már számos paleobiológiai megfigyelése volt, s baráti kapcsolatai *Dollóval* és *Abellel* a biológiai irány művelését egyébként is biztosították. Lemaradásunk az ősgerinctelenek vonalán azonban kétségtelen. Az első úttörő próbálkozások egyike *Vadász* korszerű publikációja 1908-ban az *Ammonites*ek betegségeiről. Ezt követi 1914-ben a most említett kötet a tengeri sünökről.

Vadász érdeme, hogy nem kiragadott kóreseteket tárgyal, hanem paleopatológiai megfigyeléseit az egyed és a faj fejlődéséhez kapcsolva beépíti az egész állatcsoport biológiájába. A szervezetet mint egységes egészet tartja szem előtt. Figyel a környezet, az életmód hatásaira, mérlegeli az öröklött tulajdonságokat. Eljut odáig, ahol már élesen megkülönbözteti a kívülről ható sérüléseket az állati testben belül keletkező betegségektől. Elválasztja az egyéni fejlődés során, a fiatal kortól kezdve megnyilvánuló kóros hatásokat a törzsfejlődés folyamán öröklődő elváltozásoktól.

Munkái idehaza és külföldön fordulópontot jeleznek a gerinctelen ősállatok betegségeinek kutatása terén. Az egyik, Nagyenyedről származó, sérült és regenerált vázú tengeri sünjének klasszikus példája számos külföldi tankönyvben és kézikönyvben szerepel.

Ne töprengjünk azon, hogyan lehet egy tengeri sün — ha meg oly rendkívüli példány is — ilyen és ennyiféle dolog elindítója. Elégedjünk meg a tények rögzítésével és mutassuk be magát az állati maradványt, vagy amint az ősállattan nevezi: a tengeri sün-vázat (XX. tábla).

A *Clypeaster* nemzetség alapjában véve egyik igen nagy fajáról van szó. A példány 175 mm átmérőjével tányér nagyságú, meglehetősen lapos, kerek alakú, amelynek kövesedett kemény mészpáncéljából jókora darab hiányzik. Valószinűleg tengeri sünöket is fogyasztó óriás rák törhette ki a páncél peremének egy részét, de e kívülről ható, rendkívüli nagy sérülést az állat kiheverte. A sérülés az egyik, képünkön is jól látható sziromra is kiterjedt. A seb itt is behegedt, bár a szirom nem regenerálódott.

A tengeri sün túlélte a veszélyt, és gyógyulása sok tanulsággal szolgál. Regeneráló ereje korántsem olyan nagy, mint a tengeri csillagé. Az állat a páncél — szaknyelven: a váz — teljes kiegészítésére nem képes. Megtoldhatjuk ezt azzal a megfigyeléssel, hogy ha a peremet teljesen jelentéktelen sérülés érte és a váz regenerálása könnyűszerrel lehetséges, még ilyenkor is csak a törésfelület behegesztésére, lezárására szorítkozik a szervezet.

A tengeri sün váza mészlemezekből áll, s ezeken gödröcskékben kemény mészszemölcsök foglalnak helyet. A szemölcsökön pedig eredetileg tüskék ültek. A mi tengeri sün példányunkon a beroppant lemezek újból összeforrtak, a sérült részek szemölcsei is regenerálódtak. Ez a határa tehát a tengeri sün regenerációs képességének.

De az elmondottakkal a tengeri sün „megpróbáltatása" még nem ért véget. Egy másik támadásról van szó, amely a hátsó, páros szirom felől is beroppantotta a vázat, nem kevésbé veszélyes módon, bár az előbbihez hasonlóan szerencsés végső kimenetellel. Egymás folytatásában sorakozó mély, kerek, egyforma átmérőjű lyukak jelzik a ragadozó rák mesterkedését, hogy a tengeri sün kemény mészvázát megbontsa. Nem tudta keresztül törni. Ollója gyengének bizonyult, s az állat ezt a kívülről jövő második nagy sérülést is kiheverte, és szervezete a regenerációs folyamat alatt termelt mészanyaggal a sebhelyeket lezárta. Az állat belső sérülései egyik esetben sem lehettek túlságosan nagyok; a tengervíz nem hatolt be a testüregbe, a külső és belső nyomás közti egyensúly-állapot nem bomlott meg.

Sokat lehetne írni a gerinctelen ősállatok betegségeiről, születési rendellenességeiről, környezetük változó hatásainak torzító befolyásáról. Fejezetünk meghatározott terjedelme azonban ezt nem engedi meg. Azok, akik többet szeretnének tudni, olvassák el *Palaeopathologia* című könyvem első fejezeteit, amelyben mindenki számára érthetően, a szaknyelv különleges útvesztői nélkül foglalom össze mondanivalóimat.

A barlangi medve húgyköve

Tegyük fel azt a kérdést, hogy lehetséges-e olyan betegségről tudomást szereznünk, amely nincs kapcsolatban a szilárd vázzal, kagylóteknővel, csigaházzal, csontvázzal? Nem túlzott dolog ilyesmit várni és követelni a fosszilizációtól?

A ma élő csigák pusztulását gyakran idézik elő húgykövek és uteruszkövek. Sok-

kal jelentősebb a szerepük, mint a gerinceseknél. Magyar kutatók, a *Szabó* testvérek közölnek érdekes vizsgálati adatokat. Egy 2,48 gramm testsúlyú *Arion* csiga húgykő-tömege például 0,36 gramm volt. Elképzelhetetlen arány emberre vagy általában gerinces állatra vonatkoztatva! Ezek a konkrementumok sok esetben olyan nagyok, hogy a csiga testfalát is átfúrják s kiállnak belőle.

Kihalt csigák könnyen feloldódó kövei természetesen nehezen fosszilizálódhattak, de a gerincesek jóval nagyobb húgykövei vagy vesekövei szerencsés körülmények között megmaradtak.

Még a múlt században történt, hogy az egyik németországi barlang jégkorszaki agyagrétegében, barlangi medve csontvázak mellett több, sima felületű követ találtak. Az egyik 15 gr súlyú, 3 cm hosszú, 5,6 cm kerületű példány volt. A többi ennél kisebb. A kövek múzeumi jelzőlapjára ráírták: a barlangi medve húgykövei, Erpfinger barlang.

A két világháború között azután Tilly *Edinger*nek, aki egyébként a kihalt állatok agyának összehasonlító bonctanát írta meg, kezébe kerültek a kövek. Tudta, hogy a növényevő állatokban a húgykő gyakori. Miután a barlangi medve is elsősorban növényi koszton élt, a húgykövek keletkezése nem volt kizárva. A húgykő azonban nemcsak a táplálékkal függött össze, hanem az ivóvíz mésztartalma is befolyásolta keletkezését. A barlang vize pedig erősen meszes, hiszen a barlangban még ma is képződnek cseppkövek.

Ha kihalt állatokban eddig nem is, de 6000-7000 éves egyiptomi emberi múmiában a francia *Ruffer* talált már vese- és hólyagköveket. Amerikában, az egyik arizonai barlangban felfedezett 3000 éves indián múmiából is ismerünk hólyagkövet.

Boncolás közben vesében *Nematoda* férgekre is akadtak: kutyában, farkasban, fókában, vidrában, görényben, szarvasmarhában és emberben. Nos, *Edinger* a barlangi medve húgykövében megtalálta a féreg testének 4-6 mm széles üregét, a féreg farkrészének jellemző lenyomatával együtt.

Az ősember jobbkezessége

Sokat vitatott kérdés, hogy jobbkezes volt-e az ősember, vagy mindkét kezét egyformán használta. Állásfoglalások igyekeznek bizonyítani mellette is, és szólnak ellene is.

Az ősembernek legfőbb vadászfegyvere és eszköze kovakőből készült. Hegyes, éles szilánkokat repesztett le erőteljes ütéssel vagy nyomással a nagyobb kődarabról, az úgynevezett magkőről. A lehasított darabot azután addig ütögette, pattintgatta, amíg kiformálódott, használható lett. A fejlődő kultúrával fejlődött a kőeszközök készítésének módja is. A lándzsahegyen kívül voltak kőből készült késpenge-szerű szilánkjai, bőrvakarói, fúrói. Amikor alakjukat durván kinagyolta, az éleket kisebb, de sűrűn alkalmazott ütéssel alakította, apró szilánkocskákat pattintva le és fűrészes erős munkaélt hozva létre. A kidolgozásnak ezt az utóbbi módját retusnak nevezzük.

1915-ben a Földtani Intézet paleontológusa, *Kormos* Tivadar felhívta a figyelmet a barlangi medve egyik állkapcsára, amelyen a bal oldali koronanyújtvány még az állat életében kettétört, majd a törésfelületek csonthegképződéssel összeforrtak. A törést meglehetősen erős ütés idézhette elő, hiszen az állkapocs felszálló ága vastag izomba volt bepólyálva.

Ez az állkapocs nagyon öreg állattól származott. A zápfogak koronái a gyökér-

régióig lekoptak. Az ilyen öreg medve tehát semmi esetre sem párzási harcban sérült meg. Az ütés *bal felől* érte a koponyát, s feltehetően eltörte a járomcsontot is.

1919-ben egy olasz kutató írt le ismét bal oldalukon törött barlangi medve állkapcsokat, majd a bécsi egyetem ősélettudományi intézetének tanára, *Abel* foglalkozott hosszasan egy bal oldalán sérült barlangi medve-koponyával. Ez a leírás vetette fel első ízben azt a lehetőséget, hogy az állatot az ősember sebesítette meg.

A koponya a bal szemüreg felett 57 mm hosszú, rosszul gyógyult homloksebet visel. A csontsérülést az ősember éles és hegyes ütőfegyvere okozta. A seb évekig gennyedt és sohasem gyógyult meg tökéletesen. *Abel* szerint az ősember a barlang szűk folyosóiban kiemelkedő szikláról támadott bal kéz felől az állatra.

A magyar anyag vizsgálata azután további lépéssel vitte a megoldás felé a kérdést.

A Földtani Intézet és a Magyar Nemzeti Múzeum gyűjteményében több száz barlangi medve koponya között nyolc sérült akadt. Mindegyiknek *bal oldala* volt kórosan elváltozva. A régibb adatokkal együttesen ez a szám végleg megerősíthetett abban a tudatban, hogy nem véletlenül esik valamennyi sérülés a bal oldalra.

A támadás elsősorban a fiatal, egy-két éves állatokat érte. Az egyik koponyán jól látható, hogy a szemközt jövő ütés behorpasztotta a koponyatetőt, a bal homlokcsont magasan a jobb fölé emelkedett. Egy másik ütés megsértette a bal agytokot. Ez azután erősen visszamaradt további fejlődésében, s kisebb lett a jobb oldalinál. Az ütés következtében eltört a járomív, elszakadtak a koponyatetőre tapadó izmok, és sorozatosan egymás mögötti sípolynyílások jelzik a nagymértékű gennyedést.

Egy másik koponyán ugyanezt tapasztaljuk. Ezen a fejlődésében visszamaradt bal oldali agytok különösen vékonyfalú, deformált. A járomcsont is eltört, s bár törésfelületei összeforrtak, a töredékek nagymértékű elmozdulása és a csonthártyagyulladás csontszöveti sarjadzása egész különös módon elváltozott, torz járomívet hozott létre. Az állatot fiatal korában súlyos tárggyal, valószínűleg bunkóval bal felől megütötte az ősember. A koponyatető izomszakadásainak helyén 4 cm hosszú, kihegyesedő csontfelrakódás látható (XIX. tábla).

Így folytathatnánk tovább. Majdnem minden esetben eltört a bal oldali járomcsont, fejlődésében visszamaradt a fiatal állat megsérült bal agytokja. A fiatal koponyacsontok rugalmasságuk következtében visszatérhettek eredeti helyzetükbe, s az állat az életveszedelemből megmenekülve meggyógyulhatott.

Az állatorvosi gyakorlat bizonyítja, hogy az állat koponyasérülése abban az esetben is gyógyulhat, ha sérülés következtében az agyvelő jelentékeny része szabaddá válik, sőt egyes roncsolt vagy előreesett agyvelőrészek eltávolítása is szükséges. Feltehetően megsérült vagy elpusztult a barlangi medve szeme; az ütést erős vérzés követte orron és szájon át, az állat elszédült, s látási zavarai keletkezhettek. Az állatot tehát ilyenkor könnyű volt végérvényesen elejteni.

Nem győzzük olvasóinknak hangsúlyozni, mennyire fontos a megtámadott állatok fiatal volta. Ezek még nem vettek részt a párzási harcokban, s kizárólag az ősember marad megnevezhető támadó félnek, szúró és ütő fegyvereivel.

Vannak azonban ennél is kézzelfoghatóbb bizonyítékaink. Trieszttől 3 kilométerre északra van a Pocala barlang. A Trieszti Természettudományi Múzeum igazgatója olyan barlangi medve-koponyát talált ott, amelyben benne ült még a mousteri kori ősember pattintott kőlándzsahegye. Egy másik, hasonló lelet Sziléziából került elő, ahol a Hellmich barlang medvéjének orrüregében találtak pattintott kovakő-nyílhegyet.

Ezeket az unalmas részleteket azért kellett elmondani, hogy megértsük a dolog lényegét, ami most következik. Az egyszerű, hallgatag koponyák sok nyomtalanul

elveszett képet idéznek fel. Az első kép az ősember, amint kezében kovakő fegyverével vagy bunkójával *szemközt áll* a barlangi medveboccsal. *Jobb kezében* fogja a fegyvert, vagy ha két kézre fogja a nyelet, az ütés a jobb keze felől sújt le, s ezért éri a csapás a szemben álló medve koponyájának *bal* oldalát. Az ütés eltöri a járomcsontot, elszakítja és szétroncsolja a koponyatető izmait, benyomja a halántékcsontot vagy a homlokcsontot. A rettenetes csapás kivédhetetlen, a közelből alázúduló súlyos tárgy a legtöbb esetben végez a fiatal mackóval. Az ősember tűzhelyei, például a Bükk-hegység Istállóskői barlangjának híres kiépített ősemberi tűzhelye telve van megrágott, megpörkölt, széthasogatott medvebocs-csontokkal. De megesik, hogy a medve megmenekül. Megérkezik az öreg, és a sebesültnek sikerül egérutat nyernie. Vagy az állat alágörög a lejtőn és nyomtalanul eltűnik a sűrű bozótban. Ilyenkor hosszabb-rövidebb idő alatt kiheverheti sérüléseit, bár öregkoráig megőrzi első nagy kalandja csontot roncsoló emlékeit.

Mindez felidézi a második képet, a *jobbkezes ősembert*, aki, ha talán nem is kizárólagosan, de bizonyíthatóan elsősorban jobb kezét használja a harc lázas önfeledtségében, önkéntelenül és természetesen, lándzsadöfésre, ütésre, hasításra, s így feltehetően az eszközök finomabb megmunkálására is.

Hadd emlékeztessünk arra, hogy véleményünk szerint az ősember jobbkezességét a spanyolországi és franciaországi *jobbkezes technikájú* sziklarajzok is igazolják. Gondoljunk csak a *balkezes* Leonardo *da Vincire*, akinek legremekebb rajzai balkezes vonalvezetésről tanúskodnak.

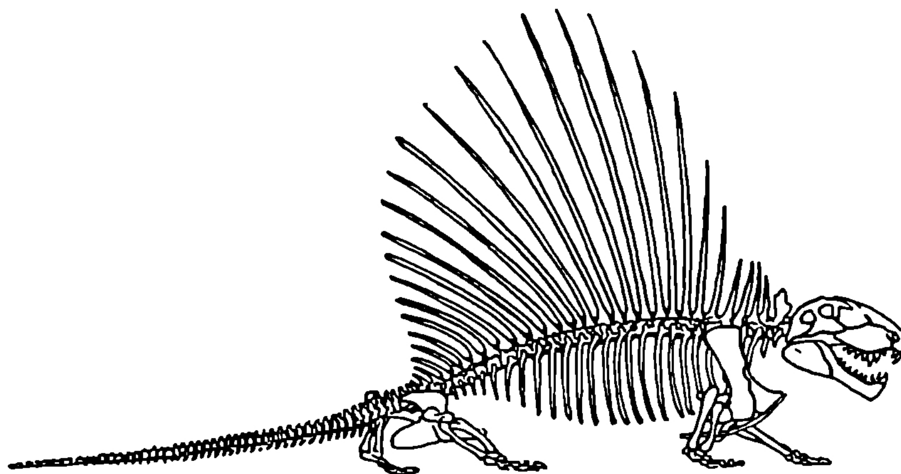
Nos, befejezzük. Így bontakozott ki az ember jobbkezességének kérdése lépésről lépésre. *Kormos* 1915-ben megtalálja az első leletet, de még nem sejti a dolgok összefüggését. Az olasz *Pieragnoli* folytatja a vizsgálatokat olaszországi barlangok anyagán, több lelet kerül a kezére, de ő sem fog gyanút. *Abel* a húszas évek elején egyetlen sérült ausztriai barlangi medve-koponya alapján az ősemberre gondol, csak a magyarázat csúszik kissé félre, s még másfél évtizedig tart, amíg végre a magyarországi leletek vizsgálata meghozza a sikert: megvilágosodik minden, bebizonyosodik az ősember jobbkezessége.

Most még csak néhány szó van hátra a kőhegyű fegyver pusztító erejéről. Svédország déli részén, Skaniában fiatal kőkori áldozati helyen lókoponyára találtak. Az állatot tűzkőből készített kőhegyű eszközzel csapták homlokon. A kő majdnem 5 centiméter mélyen hatolt a homlokcsonton át az agyüregbe. Az ősember kőből pattintott lándzsahegye tehát valóban félelmetes fegyver volt.

Egy ősállat rekonstruálása

Ősállat rekonstruálása a szakembernek mindig érdekes, sőt izgalmas feladat. Legnagyobb paleontológusaink: *Dollo, Osborn, Abel, Huene, Nopcsa, Jaekel,* és még annyian mások szívesen foglalkoztak vele. Különösen jók voltak a rekonstruált képek vagy szobrok akkor, ha kiváló szakember lelkiismeretes gonddal állította össze egy-egy ősállat csontvázát, miután nemcsak hozzáértéssel, hanem türelemmel is tanulmányozta az izomtapadási helyeket s a csontvázat valóságos műgonddal felöltöztette az izmok egymásra boruló és egymásba fonódó élethű bonctani képébe. Erre jött a kültakaró az esetleges szarukinövésekkel, bőrredőkkel, mély ráncokkal, tülökkel, sörénnyel, farkbojttal, megnyúlt, mozgékony ajakkal, ormánnyal, füllel, a szem oly jellemző és fontos elhelyezésével, s más, részleteiben fel sem sorolható ezer és egy külső sajátsággal és anatómiai függelékkel (XX—XXI tábla).

A szakember azonban egymagában rendszerint nem képes elvégezni a rekonstruálás nehéz, a szaktudáson kívül sok művészi megérzést, sőt megsejtést kívánó munkáját. Okvetlenül társat keres hozzá: kitűnő rajzolót vagy festőt. Akárhány akadémiai festő, ismert nevű művész akad közöttük. Szívvel-lélekkel dolgoznak. Az ő nevüket is dicsfény övezi, ha egy-egy jól sikerült rekonstrukciós kép kikerül a kezük alól, és átveszi a világirodalom. Az Amerikai Természettudományi Múzeum világhírű tudósának és ősállat-kutatójának, *Osborn*nak művésztársa Ch. R. *Knight* volt, aki két évtizeden át veretlenül a legszebb ősállat-rekonstrukciókat készítette szoborban és képben, tenyérnyi tollrajzban vagy impozáns méretű freskókban, életnagyságú *Titanotherium* fejekben. A dél-amerikai pampák rendkívüli ősállatainak



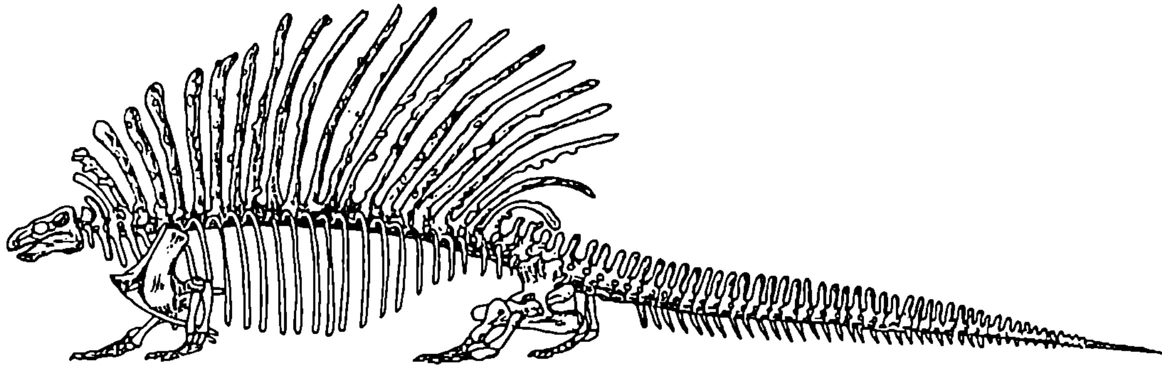
34. ábra. Dimetrodon csontváza

kép-rekonstrukcióit Észak-Amerika harmadkori emlőseinek élethű, művészi háttére megrajzolt csodálatos képkölteményeit H. Bruce *Horsfall* festette. Európában a háború óta különösen a prágai egyetemi őslénytani intézet professzorának, J. *Augusta*nak a művésztársa, Z. *Burián* tűnt ki nagyon szép színes ősvilági képeivel és remek anatómiai hűséggel megrajzolt ősállat-rekonstrukcióival (XXII—XXIII. tábla). Velük egy időben tűnt fel idehaza a Nemzeti Múzeum művésze, *Andor* Lóránd. Két évtizedes rekonstruáló művészi pályán a világ legjobb ősállat festményeit készítette, egyvonalban a fél évszázados művészi múltra visszatekintő amerikaiakkal.

Akadt szakember, aki maga illusztrálta munkáit. Gondoljunk a dán G. *Heilmann*ra. Fekete-fehér vagy színes ősmadár, gyíkmadár és sárkánygyík képei bámulatba ejtik az olvasót. Abban a hitben élünk, hogy a művésztudós természet után rajzolta képeit (45. ábra).

A rekonstruált ősállat-képek azonban csak csekély számban művészi alkotások. Gyakran a szerző veti papírra elképzelését, amelyben az anatómiai jellegeket igyekszik kidomborítani anélkül, hogy a megfelelő rajztechnikával a legkevesebbet törődnék. Ezek a hevenyészett rajzok azért mindig hűségesen visszatükrözik személyes jellegű elgondolásait, és jól támogatják a szövegrészek megértését.

Most visszakanyarodunk egy érdekes rekonstrukciós vita előzményeihez. A karbonban és a permben Európában, Csehszlovákia és Németország területén, és Észak-Amerikában, Texas és Illinois államokban olyan szárazföldi őshüllők éltek, amelyeknek hátcsigolyáin a tövisnyújtványok a csigolyák magasságának a harmincszorosát, vagyis az egy métert is meghaladták. A származástanilag eltérő állatcsaládokat a



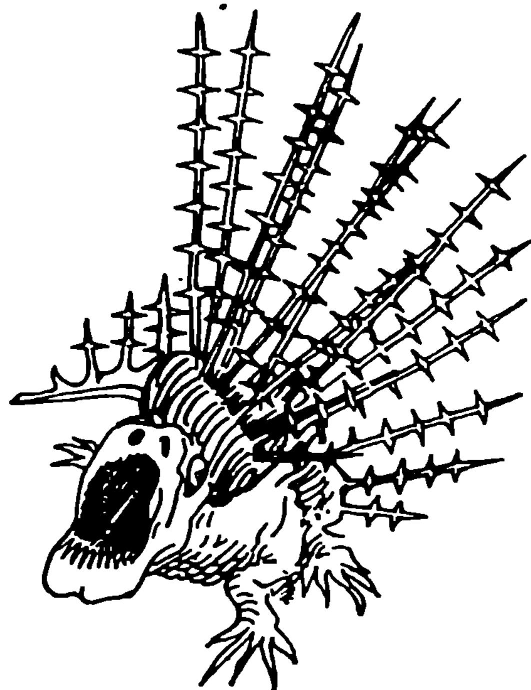
35. ábra. Edaphosaurus csontváza

szakemberek egyetlen gyűjtő őshüllő-rendbe foglalták. Könnyebb volt így egybevetni és áttekinteni a külsőre nagyjából hasonló állat-alakokat. Éltek közöttük ragadozók (*Dimetrodon*) és növényevők, illetve rovarevők (*Edaphosaurus*). A több méter hosszú állatoknak ismerjük teljes csontvázait is, így rekonstruálásuk nem ütközött akadályokba (34—35. ábra).

Még a század elején történt. *Osborn* útmutatása szerint *Knight* úgy rekonstruálta ezeket az őshüllőket, hogy gerincvonalukon a tövisnyújtványok egy sorban állottak, és bőrvitorla kötötte őket egybe. Ezt a felfogást a németek kitűnő ősállatbúvára, a német természettudományok egyik nesztora, *Jaekel* elvetette. Úgy vélekedett, hogy a tövisnyújtványok nem egy síkba estek, hanem különböző irányokba szerteállottak. Nézetét egy hevenyészett rajzzal támasztotta alá (36. ábra).

Abel 1912-ben *Osborn* véleményét osztotta, amikor azt mondotta, hogy a hátcsigolyákat erős oldalnyúlványok kötötték össze egymással, s ezek a csigolyák oldalt mozdulását és a tövisnyújtványok tűpárnaszerű szerteállását megakadályozták. Abban azonban egyet értett *Jaekel*lel, hogy a tövisnyújtványokat aligha köthette össze bőrvitorla, s az *Osborn—Knight*-féle rekonstrukciónak ezt a részét helyteleníttette.

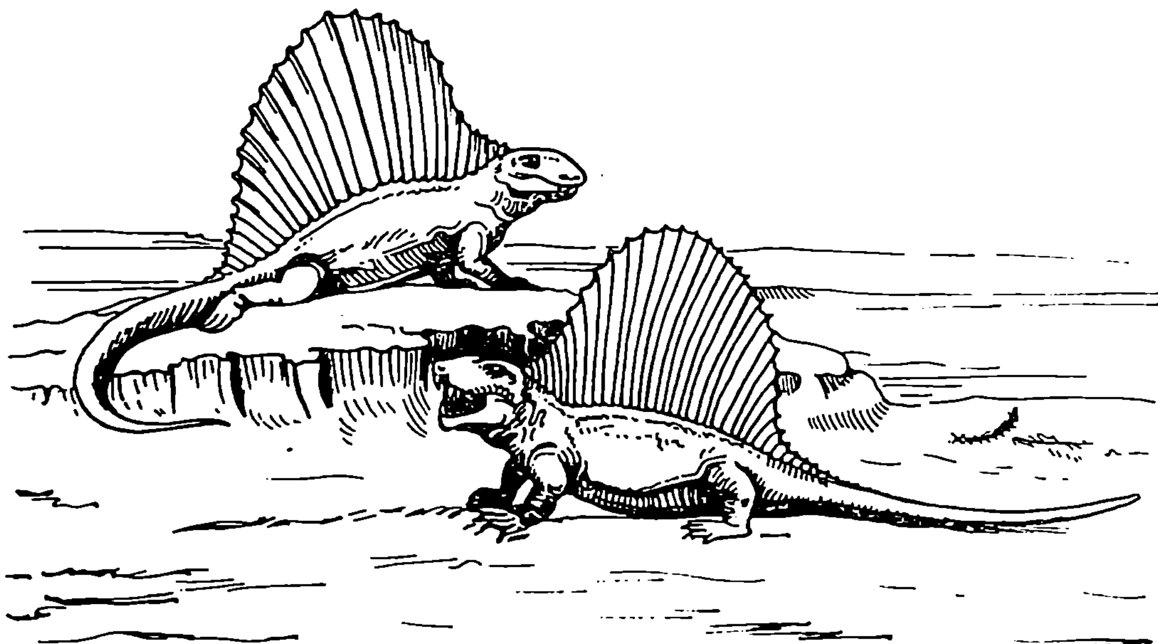
Amikor a harmincas években a kihalt állatok betegségeivel foglalkozni kezdtünk, feltűntek egyes tövisnyújtványok. A hosszú, pálca alakú csontdarabokon törés látszott, némelyiken több is. A törésekre még 1923-ban *Moodie* hívta fel a tudományos világ figyelmét, de magyarázatot nem fűzött hozzájuk. Nem is a törés ténye volt az érdekes, hanem az a megfigyelésünk, hogy a töredékek *elmozdulás nélkül* forrtak egybe egymással. Fel kellett téteileznünk, hogy a tövisnyújtványokat a valóságban bőrvitorla kötötte össze. Enélkül



36. ábra. Jaekel rekonstrukciója az Edaphosaurusról

a természetes függesztés illetve kötés nélkül a letört tövisnyújtványdarab a csonkjával nem forrhatott volna egybe. A tövisnyújtványok között kifeszülő bőr úgy működött, mint bordatörés esetén a thorax lágyrészei, amikor bizonyos természetes rögzítést biztosítanak (37. ábra).

Ha ez így van és a tövisnyújtványokat erős bőrvitorla kötötte egymással össze, abban az esetben bizonyítottnak vehetjük a tövisek egy síkban való elhelyezkedését is. Elég egyetlen pillantást vetni *Jaekel* rajzára, s meggyőződhetünk arról, hogy a szertemeredő töviseket bőrvitorla nem köthette egybe.



37. ábra. A Dimetrodon helyes rekonstrukciója

Paleopatológiai elgondolás alapján tehát kimondhattuk, hogy *Osborn* rekonstrukciós felfogása helyes, és a tövisnyújtványokat bőrvitorla kötötte össze.

Azt nem tudjuk, hogy a tövisnyújtvány-taréj mire szolgált. *Nopcsa* úgy véli: a taréj csupán másodlagos nemi bélyeg, különösebb jelentőség nélkül. Az állatoknak csak ilyen hosszú tövisnyújtványos alakjait ismerjük, s a hím és nőstény maradványai között nem tehetünk különbséget. Talán a nősténynek hiányzott a taraja, felismerni azonban nem tudjuk. De nem tudjuk azt sem, milyen terepen, milyen növényzet között éltek. Az irodalom ma *Case* véleményét fogadja el: a megnyúlt tövisek — mondja — semmire sem voltak jók. Lehetetlen védekezési szervet látni bennük. Mindenképpen terhet jelentettek az állatnak. Kétségtelenül akadályozták az állatot vitális és fejlődési lehetőségeiben. A család — fejezi be — megélt ennek ellenére, vagy elpusztult éppen emiatt.

Koponyasérülések és az öröklődés

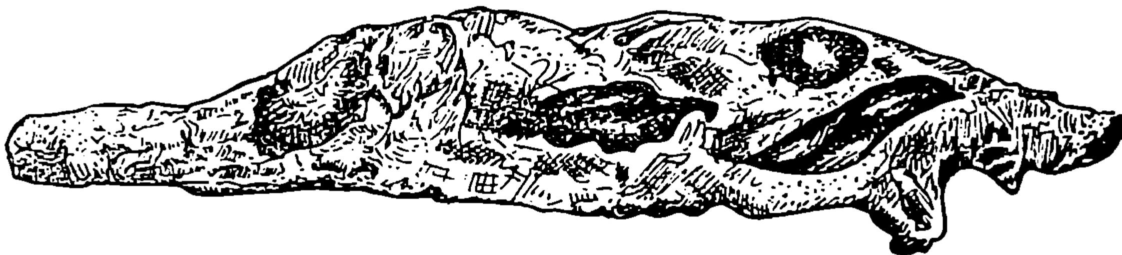
Minden paleontológusnak van egy állandóan ismétlődő, szívéhez közelálló kérdése: öröklődik-e vagy sem? Mindegy, hogy gerinctelen vagy gerinces állatokkal foglalkozik. S az egész szakirodalom szívesen látja a legkisebb adatot is.

1922-ben *Abel* rendszeresen végigvizsgálta a *Phytosaurida* őshüllők koponyáin

található, marakodás közben szerzett sérüléseket. Azzal a gondolattal foglalkozott, öröklődtek-e egyik-másik esetben a koponyát torzító hatalmas csontdudorok, alaktalan csontkinövések? Számos lelőhelyről ismerünk *Phytosaurus*-maradványt, a kérdésnek tehát nemzetközi jelentősége volt.

A *Phytosaurus*ok külsőre hasonlítottak a ma élő krokodilus-félékre, de azoktól több fontos anatómiai bélyegben és fejlődéstani sajátságban különböztek, s a hüllők törzsének egyik, évszázmilliókkal ezelőtt kihalt ősi ágát képviselték. Ők is vízben éltek.

A hím krokodilusok és gaviálok koponyáján az orrüreg meghosszabbodásában a csontba beágyazott hólyag alakú üreget találunk. Falát nyálkahártya borítja, telve a szaglást elősegítő idegvégződéssel. A különleges szagló berendezést megtaláljuk a kihalt phytosauridák koponyáin is, amely arra szolgált, hogy párzás idején az állatok könnyebben rátaláljanak egymásra. A krokodilusok, gaviálok, alligátorok ilyenkor elkeseredett harcot vívnak egymással, s dühödt párzási harcok folytak le a triász *Phytosaurus*ok között is. Számos csontheg, forradás, csonthártyagyulladásból eredő csontszöveti túltengés deformálja a csontokat. Olykor olyan óriási csont-



38. ábra. A Phytosaurus koponyája csonthártyagyulladás súlyos nyomaival. Eredetije 70 cm hosszú. Felső triász, New Mexico

kinövések ezek, hogy a krokodilszerűen hosszúranyúlt állkapocs végétől a szemgödörig egyetlen torz tömeggé alakítja a koponyát (38. ábra).

Abel úgy nyilatkozott, hogy a sértetlen *Phytosaurida* koponyák nagy része nőstényektől, a sérültek pedig hímektől erednek, de a csontdaganatok és csontszöveti túltengések nem öröklődnek.

Amikor *Abel* befejezte vizsgálatát, amelyhez élete folyamán többször is visszatért, 1926-ban váratlanul megjelent *Nopcsa* összefoglaló munkája (Londonban és idehaza), *Fejlődéstani és örökléstani következtetések a hüllők tanulmányozásából* címmel. Ez a nagy tudással, de sok romantikus részlettel megírt tanulmány a phytosauridákkal foglalkozva leszögezte, hogy a *„torzító jelleg öröklötté vált, később nem egész szabályszerűen tovább nőtt"*. *Nopcsa* tehát a sérülések nyomán keletkező csontszöveti túltengések *öröklődését* iparkodott bizonyítani.

A vita felélénkült, mások is hozzászóltak, s *Abel* válaszolt. *Nopcsa* személyes varázsa, roppant tudásának csillogása ellenállhatatlanul saját körébe vonta szaktársainak egy részét. Gondolatmenete tetszetős, megállapítását szívesen átvették s 1933 áprilisában bekövetkezett váratlan haláláig nem is cáfolta meg senki.

A dolog akkor vesz végleges fordulatot, amikor ezt a kérdést is a kórbonctan irányzékán át nézzük. Megállapíthatjuk, hogy a csontszöveti túltengés külső megjelenése, kórszövettani képe egymagában is eldönti, hogy újkeletű, kóros csontfelrakódásról van szó, és nem olyan csontrészletekről, amelyek alakjukat és tömegüket nem a gennyes gyulladásoknak köszönhetik, hanem a törzsfejlődés útján nyerték volna és szerkezetükben, szövettani képükben egységes, normális csontállományt

tárnának elénk. A csontszöveti elburjánzások minden esetben kimutathatóan csonthártyagyulladás és csontvelőgyulladás eredményei.

A kérdés ezzel eldőlt.

Minden egyes *Phytosaurus*, amelynek koponyáján kóros elváltozásokat észlelünk, külön-külön szerezte sérüléseit, párzási harcban vagy a zsákmányért folytatott küzdelemben. A sérült koponyák egészségesekkel vegyesen találhatók; az erősebben sérültek kevésbé sérültekkel. A legnagyobb mértékű torzulások nem egyebek súlyos csonthártyagyulladásnak és csontvelőgyulladásnak a következményeinél. A nyílt seben keresztül bekövetkezett fertőzés a gyulladásos folyamatot fokozta, és a csontszövet kóros burjánzását szinte mérték nélkül megnövelte.

Az ősélettudomány nem térhet le kutatásaiban arról az ésszerű, kísérletekkel is alátámasztható alapról, amelyet a biológia biztosít a számára.

MIT ETTEK AZ ŐSÁLLATOK?

Különös kérdés! Bizonyára ugyanúgy éltek és táplálkoztak, mint ma élő utódaik, például a háziállataink. Az őselefánt akkor is gallyakat tördelt és lombot evett; az őslő és az őstulok legelt; a ragadozók a növényevőkre vadásztak; a pocok akkor is gyökeret, magot rágcsált. Mi van ezen különös, ami még a szakembert is elgondolkoztatná?

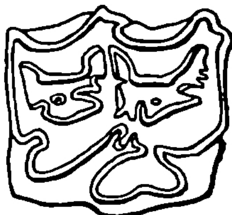
Idáig rendben is van a dolog. Egy nap azonban az ősállatokkal foglalkozó szakember csomagot kap a postán. Néhány fog van benne. Aki küldte, a kísérő levélben azt kérdezi, miféle állaté lehetett? Kútásás közben találta. A fogak szokatlanul nagyok és súlyosak. Ebből arra következtetett, hogy megkövesedtek. Nem is hasonlítanak — írja — élő állat maradványára.

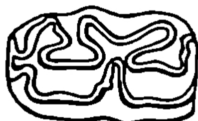
Milyen állat volt, *mit evett,* hogyan élt — kérdezi tovább a levél. Élnek e ma is leszármazottai? Jámbor fűevő volt vagy félelmetes ragadozó? Erdőben lakott vagy síkságon? Forró éghajlat volt abban az időben hazánk földjén vagy jégkorszak? Valamennyi kérdés érdekes is, jogos is, csakhogy a szakembernek abból a néhány fogból kell következtetnie mindenre, amit a levélíró elküldött.

Szerencsére a feltett kérdések többé-kevésbé összefüggenek egymással: a környezet a táplálkozással; a táplálék minősége, sőt a táplálék-fajta kérdése az éghajlatéval. Azt azonban már kevesebben tudják, hogy a táplálék és a táplálkozás módja idők folyamán egy-egy állat törzsfejlődése alatt megváltozhatott, méghozzá nagymértékben, szinte hihetetlen utakra térve.

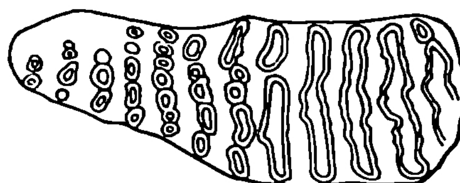
Ezért érdekel minket — egyebek között — az ősállatok táplálkozása. Szorosan hozzátartozik mindahhoz, egybefonódik mindazzal, amit az ősállatok életéről tudnunk kell, hogy világosan álljon előttünk az a kép, amit a földtörténeti múltból szemléltetni akarunk.

Kezdjük azzal, hogy szemügyre vesszük két közismert állatnak, a lónak (39. ábra) és a szarvasmarhának a fogát. A rágófelszín érdekel bennünket.





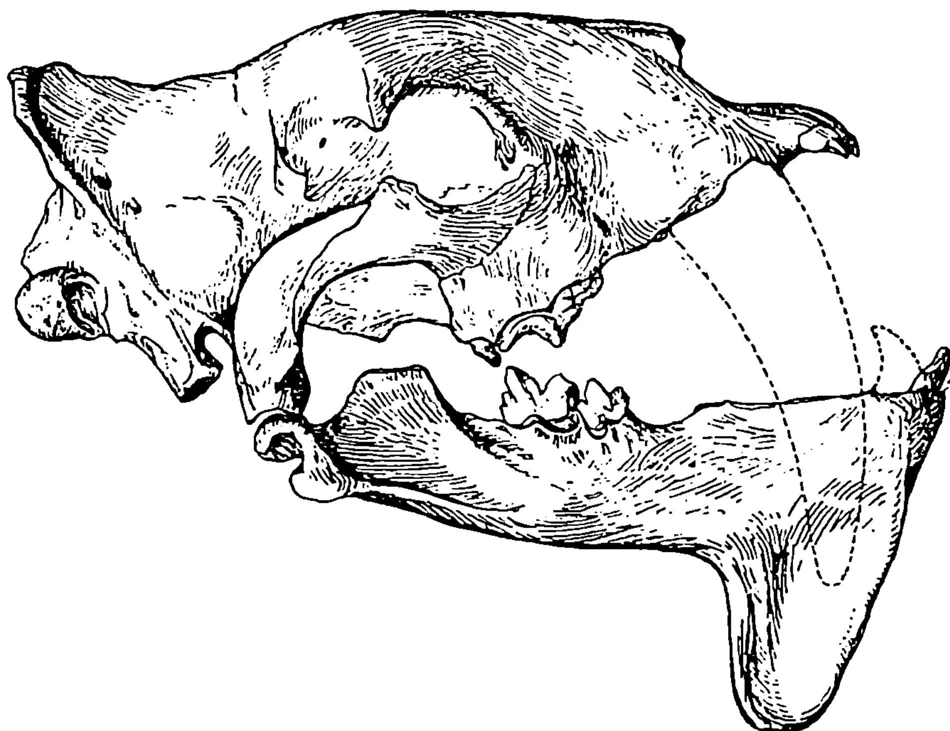
39. ábra. Ló fogának zománchurkos rágófelszíne



40. ábra. Őselefánt (Elephas antiquus Falc.) *fogának zománchurkos rágófelszíne*

Mind a két állat igazi növényevő. Fogaik rágófelszíne alkalmas arra, hogy a füvet, a keményebb magot, vagy a gabonafélék kovás szárát összezúzza, szétmorzsolja, megőrölje. A kiemelkedő éles zománchurkok a lófog felszínét valóságos reszelővé alakítják. Ha kőzetrétegben hasonló fogat találunk, bizonyosak lehetünk, hogy a fog egykori gazdája is növényevő volt. Például kemény zománchurkokat és zománcredőket találunk a mammut, az elefánt (40. ábra), az orrszarvú, a szarvas fogán.

Ezután nézzük meg egy húsevő ragadozónak, a kutyának vagy a farkasnak a fogait. Nincs széles felületű őrlőlap. Éles, a hús vágására alkalmas tarajok alkotják a



41. ábra. Az amerikai kardfogú tigris (Eusmilus) *koponyája, típusos ragadozó fogazat. Oligocén*

fog koronáját. Az alsó és a felső állkapocs fogainak nagy tarajai olló módjára egymás mellé illeszkednek, a közrefogott húsdarabot valósággal elnyírják és a csontot eltörik. Ha ilyen fogai voltak egy ősállatnak, bizonyos, hogy az is húsevő, ragadozó volt.

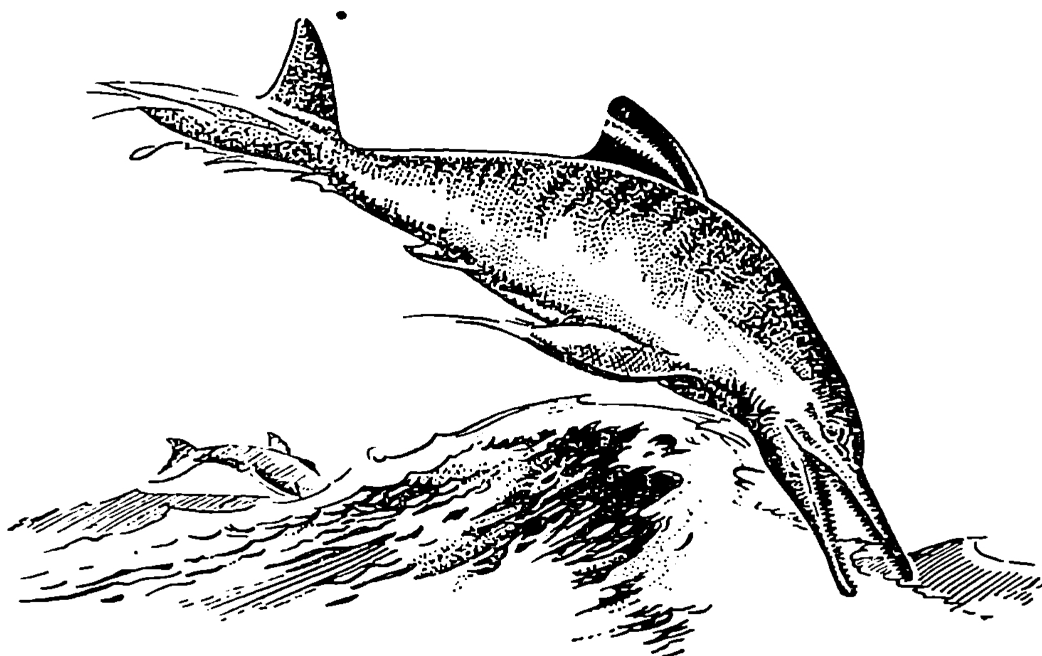
Méginkább fokozódik a fogazat ragadozó jellege a macskafélék, például az oroszlán vagy a kardfogú tigris fogain (41. ábra). A jégkorszaki barlangi hiéna zápfogai valóságos „csonttörő szerszámmá" alakultak át. Az éles tarajokat, hegyes kúpokat viselő ragadozó fogazat annyira jellemző az állat táplálkozására, hogy ha az emlősök törzsfáján egészen távol eső állattípus állkapcsát vesszük szemügyre, az első pillanatban tisztában vagyunk ragadozó voltával.

A fog alakja azonban önmagában még nem biztosítja az állat táplálékának kellő felaprózását. A fog, az állkapocs és a koponya együtt alkotnak egy egységes „gépezetet", amely a táplálkozás különböző módjainak megfelelően alakult. A ragadozó állat fogsorai például csak nyitnak és zárnak, azaz le és fel mozognak, mint az olló két szára. Oldalmozgásuk nincs. A nagy szemfog és a zápfogak hegyes kúpjai

és tarajai az oldalt mozgást egymásba illeszkedésükkel megakadályozzák, lehetetlenné teszik.

A növényevő alsó és felső fogsora viszont oldal irányba és előre-hátra is elmozdul egymáson: őröl, mint a malomkő.

A kétféle mozgástípusnak megfelelően alakult az állkapcsok ízülése, amely más a ragadozón és más a növényevőn. Az emberen, aki mindenevő, tehát hússal és növénnyel is táplálkozik, az állkapocs-izület a vegyes táplálkozásnak megfelelően alakult, és lehetségessé teszi a nyitó-záró mozgást, az előre-hátracsúszó, valamint az oldalsó mozgást is.



42. ábra. Halgyík (Ichthyosaurus) *a jura tengerben*

Az őslénytannak fontos és hatalmas tudományága foglalkozik a táplálkozással. Az elmondott példák alapján is sejtjük, hogy a szakember valóban sok mindent kiolvashat a fogazatból és a koponya csontjaiból a kihalt állatok életére vonatkozóan.

Van azonban a fogazaton kívül még más segítő eszköz is, ha az ősállatok táplálkozását kutatjuk.

Ismerünk leleteket, amelyeken az állat testüregében kövült állapotban megmaradt az elnyelt és még megemésztetlen táplálék. *Papp* Károly Szentmargittáról, lajta mészkőből delfin csontvázat írt le, amely még abból az időből származik, amikor a Dunántúl nagy részét a mediterrán őstenger borította. A megkövesedett csontvázban számos apró halacska váza is látható. Ezeket az őshalacskákat vagy 15 millió évvel ezelőtt nyelte el az ősdelfin, s azok vele együtt kövesedtek meg.

Németországban, Holzmaden vidékének sötét liász paláiban óriás halgyíkoknak, *Ichthyosaurus*oknak a megkövesedett csontvázait találták. Ezek az ősmaradványok kitűnő állapotban fosszilizálódtak. Nemcsak bőrük, uszonyaik maradtak meg, hanem testüregükben zárva elnyelt és félig megemésztett kisebb halgyíkok is láthatók, — tehát a maguk fajtáját sem kímélték, kannibálok voltak. A gyomor és belek helyén elnyelt halak, polipok maradványait preparálták ki a szakemberek. Akárcsak a ma élő cápák: mindenre rávetették magukat, ami élt és mozgott. Rettentő állkapcsaikkal szétvágták és elnyelték, ami útjukba került (42. ábra).

Vannak leletek, amikor az állat egész étlapját meg tudjuk határozni a jól megtartott és kitűnően kövesedett maradványokból. A jégkorszak végén Szibériában, a Beresovka folyó mellett, partrogyás maga alá temetett egy mammutbikát. Eltörte combcsontját, medencecsontját és több bordáját. Szorult helyzetéből nem tudott menekülni, és megfulladt a földtömeg alatt. Olyan váratlanul érte a szerencsétlenség, hogy szájában ott maradt az előző pillanatban leszakított növénynyaláb. A „falat" körülbelül 15 kg növényi maradványból állott. A holttestet talajjégbe fagyva találták, ami az állat fogai közt és gyomrában a növényeket jól konzerválta. Meghatározásuk alkalmával kitűnt, hogy legnagyobb részük ma is él azon a területen. Ilyen például a havasi ecsetpázsit, a havasi mák, a tippan, a sás, a kakukkfű, a mezeicsajkár, a vadárpa. Egy másik mammut-tetemben fenyő és nyír ágdarabokat találtak. Tápláléka évszakonként változott. Tavasszal és nyáron elsősorban fűféléket legelt a tundra növényvilágából, akárcsak ma a rénszarvas, de télen kénytelen volt a fákat kopasztani.

Sok esetben megmaradt a kihalt állatok kövesedett ürüléke. Különösen akkor, ha olyan körülmények közé került a tetem, hogy a kőzetben keringő víz vagy szivárgó nedvesség szilárdító anyagokkal, ásványi sók oldatával átitathatta. Ilyenkor az ürülék megkövesedhetett, és akár évszázmilliókon át megmaradt.

Igaz ugyan, hogy az ürülék, mielőtt fosszilizálódhatna, könnyen elpusztul. Elsősorban más állatok eszik meg. Emlősök, madarak, hüllők, sőt csigák és rovarok is előszeretettel fogyasztják. A trópusok alatt sokszor rögtön a földrehullás után kikezdik a rovarok, galacsinhajtók, még mielőtt kiszáradhatna. Vízbe hullva szétmállik, az eső szétáztatja; a sok csontot fogyasztó ragadozó ürülékében kevés a „ragasztó" anyag és a forró napsütésben magától szétesik. De ha egyszer kiszáradt, akkor napsütésben, esőben is hetekig megmaradhat, s ilyenkor alkalom nyílik a betemetődésre és a kövesülésre.

Halaknak, hüllőknek, madaraknak és emlősállatoknak is megmaradhatott a bélsara kövesedve. Vannak leleteink, amelyekben megkövesült az állat egész csontváza, látható a test lenyomata, a testüregben a kövesült bélcsatorna, s benne a kövesült ürülék. Ilyen esetek analógiája alapján akkor is következtethetünk az állatra, ha a kövesült ürüléket a testüregen kívül találjuk, mert az ürüléknek sokszor jellemző az alakja, s ha megcsiszoljuk, mikroszkóppal, nagy nagyítás alatt vizsgálva a táplálék maradványait is megtaláljuk. Halpikkelyek, csonttöredékek, meg nem emésztett fogak, rákok páncéldarabkái, kagylótöredékek, rovarmaradványok lehetnek ezek — aszerint, mivel élt az állat. A geiseltali eocén barna kőszéntelepekből származó krokodilus koprolitban baktériumokat mutattak ki. (XVI tábla.)

Egyes madarak, például a baglyok a meg nem emésztett rágcsáló csontokat, egerek, pockok, ürgék maradványait a szőrrel együtt gomolyagokban kiöklendezik. Ezek az úgynevezett madárköpetek valóságos étlapot tárnak elénk. Pontosan meg lehet mondani, milyen állatokkal élt a madár. Egeret, cickányt, gyíkot, kígyót vagy apróbb madarat fogyasztott szívesebben. De azt is elárulja a maradványok száma, hogy abban az időben melyik állat, például melyik pocokfaj volt az uralkodó a környék faunájában. Ebből azután következtetni lehet az éghajlatra, a levegő párateltségére, a környező világ növényzetére, erdőkre vagy füves, bokros pusztaságokra és így tovább. Ezek segítségével valóságos ősvilági naptárt és meteorológiai jelentést állíthatnak össze a szakemberek, mert más pocokfaj élt a füves, napsütötte, szárazabb levegőjű térségeken és pusztaságokon, s más fajok éltek az erdőségek nedvesebb levegőjében, nedvesebb talaján.

Az üregeket, sziklarepedéseket madarak választják tanyahelyül. Itt fészkelnek a baglyok, a vércsék, és itt öklendezik ki a csont- és szőrgomolyokat is. Évezre-

dek alatt egymásra gyűlik a sok köpet. Az esővíz agyagot mos hozzá, mészkődarabkák hullanak közéjük, a repedésekbe húzódó kígyók, békák csontjaival keverednek, s lassan-lassan kitöltik az üregeket és sziklahasadékokat. Így maradnak azután évezredeken, évmilliókon át.

Az apró pocokcsont ugyanúgy magán viseli az állatfaj jellemző sajátságait, mint a nagy állatnak, a lónak vagy az elefántnak szabad szemmel is jól látható csontja. Csak nagyítóüveg alá kell helyezni a kis koponyát, fogat vagy végtagcsontot.

Ha a csont segítségével meghatároztuk az állatfajt, akkor kezdődhet a kutatómunka másik része: kideríteni a csontocskák segítségével az egykori madárköpetből, hogy milyen is volt az az ősvilág, amelyben ezek az állatok éltek.

De nemcsak az ősvilág madarainak köpetei maradtak fenn.

A múlt század végén Erdélyben, Szentpéterfalva közelében *Nopcsa* Ferenc számos sárkánygyík csontot talált kréta időszaki agyagrétegben. A ritka lelet világszenzáció lett. A csontok foltonként, úgynevezett fészkekben fordultak elő. *Nopcsa* évekig nem tudta megmagyarázni, hogyan halmozódtak oly szorosan egymásra, s köröskörül miért nem talált az agyagban egyetlen további csontdarabot sem.

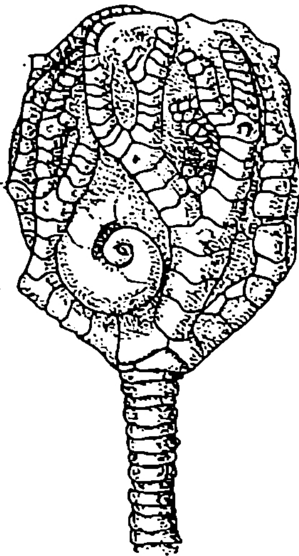
Véletlen megfigyelés vezette a dolog nyitjára. Észrevette, hogy a csontok között krokodilusfogak hevernek. Hamarosan rájött arra, hogy az egykori vízparton elhullott sárkánygyíkok maradványait krokodilusok szaggatták szét, majd az egyes darabokat víz alá rángatták s ott nyelték el vagy tépték le róluk a húst. Ezek a helyek tehát nem voltak egyebek krokodilus tanyáknál, s a mohó harapások és egymás közt lezajlott marakodások közben kitört fogak elkeveredtek az idegen állatnak, a „pecsenyének" a csontjaival. *Nopcsa* a harapások nyomát a csontokon is megtalálta, sőt a csontokba belétört krokodilusfogakat is gyűjtött. Az így szerzett tapasztalat segítségével később egyre-másra tárta fel a többi krokodilus-tanyahelyeket, s az összegyűjtött hatalmas sárkánygyík csontanyagot két évtizeden át vizsgálta.

Olykor egészen különös leletekre akadunk, amelyek az ősvilág legrejtettebb dolgairól rántják le a leplet, esetleg olyan jelentéktelennek látszó dolgokról is, amelyeknek hallatára az ember önkéntelenül megkérdi, fontosak-e ezek egyáltalán a biológus számára? Mi hasznunk van belőle, ha megtudjuk, hogy az ősvilágban is voltak meggyvágópintyek s azok más éghajlat alatt, más életkörülmények között ugyanúgy roppantották szét a madárcseresznye *(Prunus avium* L*)* magvait s nyelték el, mint ma élő utódaik. *Szeliga-Mierzeyevski* 1927-ben leírta a lengyelországi Starunia jégkorszaki aszfalttelepeiből a meggyvágó *(Loxia coccothraustes* L.*)* múmiáját, amelyben megtalálta a feltört magokat. A madár tehát már a jégkorszakban ugyanúgy táplálkozott, mint ma.

Vagy említsük meg azokat a remek tengeri liliom kelyheket, amelyeket *Clarke* írt le Észak-Amerika középső devoni rétegeiből. Százával találta őket, s nem mindennapi leletek voltak. A tengeri liliomok karjai között, a kehely közepén, ott, ahol a végbélnyílás látható, kövesedett csigaházat találtak. A csiga több százmillió évvel ezelőtt, a devon-őstenger vizében hajladozó karcsú tengeri liliom kelyhére telepedett s a tengeri liliom végbélnyílásán át kilökött ürülékkel táplálkozott. Ezt a különös lakomát olyan hosszú időn át folytatta, hogy a csigaház lenyomata idővel belemélyedt a növekedő tengeri liliom kehelyfedő lemezébe.

Nehogy félreértés essék. Nem egyetlen, egyedülálló s ezért talán félremagyarázható leletről van szó. *Clarke* és *Abel* 18 tengeri liliom fajt sorol fel, amelyeknek kelyhén több csigafaj egyedei táplálkoztak ürülékkel.

A meggyvágó koponyájának, illetve csőrének szerkezete több százezer éven át változatlan. Csőre rendkívül erős, tövén nagyon vastag, de hegybe kifutó. Fejének majdnem a fele csőr. Mindez azt árulja el, hogy táplálékának megszerzése nagy erő-



43. ábra. Devon tengeri liliom tengeri csigával. (Clarke *nyomán.)*

vel jár — írja *Herman* Ottó —, csőre egyenesen a kemény magvak feltörésére van alkotva. A mag az alsó káva mélyedésébe fekszik. A felső káva bordázott, a mag „őrlésére" kiválóan alkalmas. *„Oly cseresznye vagy meggymagot, amelyet az ember testsúlya csak a csizmasarokkal bír felroppantani, ez a madár csak úgy kihüvelyez."* A csőr szilárd felépítése és magtörő szerkezete ugyanolyan jellemző tehát a madár táplálkozásmódjára — akár kihalt állatról van szó, akár ma élőről —, mint a lófog rágófelszíne jellemző a növényevésre.

A tengeri liliomok és az ürüléket evő csigák kapcsolata ennél is régebbre, mintegy 300 millió évre nyúlik vissza. Olyan biológiai tényt jelez, amely a devon időszak óta változatlanul fennmaradt, hiszen a ma élő tengeri liliomoknak is vannak hasonló csiga-vendégei (43. ábra).

Az őslénytannak nem csupán az a feladata, hogy az ősállati maradványokat egymástól fajonként megkülönböztesse és a rétegtannal foglalkozó geológusnak úgynevezett „vezérkövületeket" szállítson, hanem célja mindenek előtt az *élet történetének a megvilágítása.* Bepillantani az ősvilágok életébe; a törzsfejlődés folyamán az élőt a kihalttal összekötő származási fonalakat kibogozni, megismerni és követni: ez is fontos és szükséges feladat. Ehhez sok összehasonlító bonctani tanulmány és az alkalmazkodás nagy kérdéseinek az elemzése szükséges. De végső fokon szükséges *valamennyi életmegnyilvánulás* pontos és részletekbe hatoló ismerete is. S ezért fontos a kihalt állatok táplálkozásmódjának tanulmányozása.

Ős-gerincesek kövesedett gyomortartalma

A liász-tenger vizében szivárványos fényfoltok mozognak. Apró tintahalak, polipféle puhatestű állatok csapata vonul a víz tükre alatt. Hirtelen, alattomosan és kiszámítottan, hatalmas fekete tömeg húz zsinóregyenesen a polipraj felé. Több méter hosszú, óriás halgyík vágódik közéjük, s tátott szájjal, jobbra-balra lódulva nyeli a vergődő, magatehetetlen puhatestű tömeget. A vonuló raj olyan sűrű, hogy a hatalmas gyomor percek alatt megtelik eleven poliphússal.

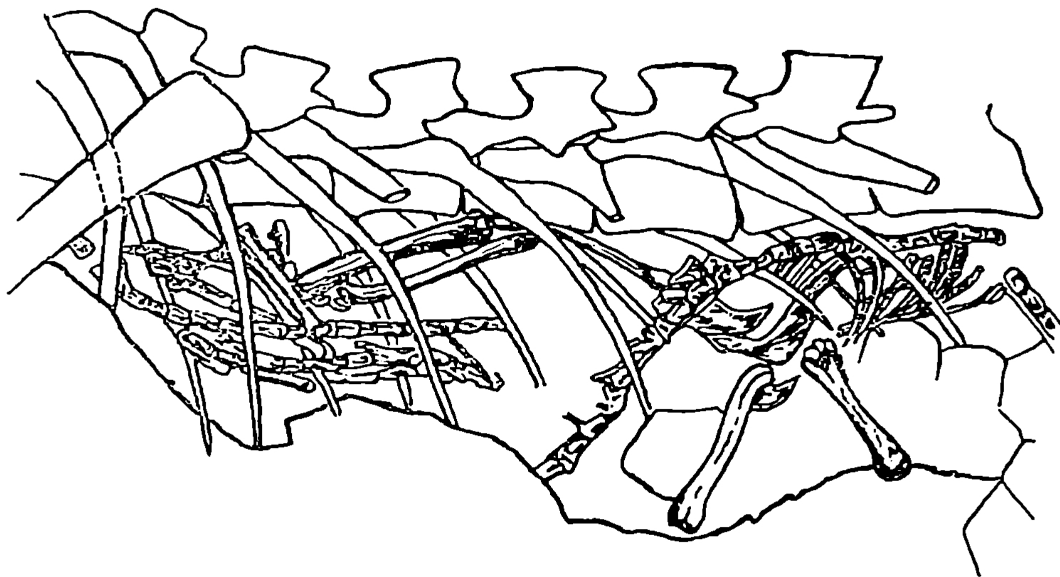
Ezt a képet nem véletlenül választottuk ki és elevenítjük meg. Nem fantázia szülötte. A halgyík, az *Ichthyosaurus* a mélyvízből jött fel, s pukkadásig tömött bendővel ismét oda süllyedt vissza. Amikor elpusztult és a tenger fekete iszapjába betemetődött, gyomrában még mindig két fiatal halgyík félig megemésztett csontváza, s száznál több őspolip karjának nehezen emészthető izmos szívókorongjai és fekete anyaggal telt tintazacskói voltak. A gázokkal telített, baktériummentes, sűrű iszaptömeg konzerválta, megkövesítette és megőrizte a ragadozó hüllőt éppen úgy, mint gyomortartalmát.

1908-ban *Branca* írta le ezt az érdekes leletet, s a polipok ősvilági tintazacskóiból pontosan megállapította, hol feküdt a ragadozó halgyík testüregében a gyomor. De a számos tintahal-maradvány figyelmeztette arra is, hogy a köztük fekvő két kis halgyík csontváza szintén a gyomorban volt, és nem ugyanannak az öreg állatnak az embriói lehettek.

Még világosabb és áttekinthetőbb egy másik lelet. Az egész világirodalom egyik

legrégibb és legelőkelőbb őslénytani monográfia-sorozatában, a száz évvel ezelőtt alapított *Paleontographica*ban *Brown* a kihalt őscápák kövesedett maradványaival és teljes testlenyomataival foglalkozott.

Ezek sem mindennapi leletek, annyi bizonyos. A ráják és cápák az ismert legősibb haltípusok közé tartoznak. Ott úszkáltak már a földtörténeti ókor tengereiben, s évszázmilliók során mindig veszélyeztették a világóceánok szabad térségeit vagy partmenti öveit. Kemény zománcú, csillogó fogaik rendszerint mindenütt előfordulnak a tengeri eredetű homokkövekben, márgákban, mészkövekben és agyagokban. De vázuk annál ritkább, mert nem is csontos váz az tulajdonképpen, hanem porcos váz, ami könnyen elpusztul, tönkremegy, mielőtt fosszilizálódhatna. Mert a cápafé-



44. ábra. Sárkánygyík (Compsognathus) *csontváz-részlet Solnhofenből. A testüregben egy széttépett és elnyelt őshüllő csontjaival.* (Nopcsa *Ferenc nyomán.)*

lék — akár kihalt, akár ma élő fajokról van szó — a törzsfejlődés folyamán nem érték el a csontoshalak magasabb fejlődési szintjét, a váz tökéletes elcsontosodásának állapotát.

Nos, *Brown* 1900-ban megvizsgálta azt a néhány ritka, jó állapotban megmaradt leletet, amely különösen kedvező kövesedési körülmények között megőrizte egy-egy őscápa teljes lenyomatát, szervezetének egyes részeit. A Svábföld liász üledékeiből napvilágra került nagy őscápa gyomrában nem kevesebb, mint 250 *Belemnites*-nek (őspolipfélének) a maradványaira bukkant. A *Belemnites* lágy testében kemény, szivar alakú mészváz-rész van, amely darabonként is elég súlyos, több dekás és több centiméter hosszú tömeg, s 250 db, bizony még a kérlelhetetlen cápagyomor számára is veszélyes töltelék. *Brown*, majd az ő nyomán *Branca* meg is kockáztatta azt a nézetet, hogy a cápa saját falánkságának áldozata lett s a megemészthetetlen zsákmányba pusztult bele.

Mi, *Abel*lel együtt, kissé kételkedünk ebben. Ha olvassuk *Brehm Állatok világát* és látjuk, hogy a sörös palacktól kezdve a matrózcsizmáig, egy vegyeskereskedésre való megemészthetetlen tárgy került már elő a cápák gyomrából, akkor az említett őscápa*(Hybodus)* életét sem kell félteni a *Belemnites*-maradványoktól.

A solnhofeni mészmárga palákból ismerünk kitűnő halmaradványokat, számos

esetben megmaradt gyomortartalommal. Egy rablóhal (*Belonostomus tenuirostris* Ag.) őshüllőt (*Homoeosaurust*) nyelt le. A hal méretéhez viszonyítva igen nagy a hüllő. Jóformán a hal egész testüregét kitölti. Hatalmas feje megrekedt a hal végbélnyílásánál, s erről az esetről már *Abel* is azt hiszi, hogy a nagy és veszélyes falat a rablóhal vesztét okozta.

Több hasonló halmaradványt ismerünk Bajorországból. A németek nagynevű geológusa, *Walther* megjegyzi, hogy a solnhofeni palából napvilágra került majdnem mindegyik hallenyomat testében találunk állati táplálék-maradványokat. A bolognai múzeum őriz egy cápa-vázat. Testüregében hatalmas csontoshal szétszaggatott és részben megemésztett maradványai vannak.



45. ábra. A Compsognathus longipes házimacska nagyságú ragadozó sárkánygyík képe. G. Heilmann *rekonstrukciója*

Az örökös életveszély az egyik oldalon, a táplálékszerzés állandó gondja a másik oldalon — a természetben kezdettől fogva fennálló kényszerű kapcsolat az erősebb és a gyengébb között. Az idevágó számos őslénytani példa közül különösen kiemelkedik a dinosauruszok alakkörébe tartozó *Compsognathus* csontváz Solnhofenből, *Nopcsa* Ferenc bizonyította be 1903-ban, hogy a *Compsognathus* testüregében talált csigolya-, medence-, borda- és végtagcsont-maradványok nem az őshüllő embriójától. hanem egy széttépett és elnyelt másik, gyíkszerű őshüllőtől származnak. A bizonyítás klasszikus példája ez és az összehasonlító bonctan segítségével dolgozó szakember meglepő eredménye, egészen reménytelennek tűnő esetben. (44—45. ábra.)

Egy másik, kitűnő hazai példát, a szentmargittai ősdelfin gyomrában talált kövesült apró halakat (*Chrysophrys* féléket) *Papp* Károly írta le, s már említettük.

Gyomorkövek

Madarak, különböző hüllők (például krokodilusok, egyes gyíkfélék), sőt emlősállatok is szednek fel és nyelnek le kődarabokat. A kő a gyomorban marad, ahol a gyomorfal összehúzódása, a táplálék mozgása erre-arra sodorja. A szakemberek szerint a kő részt vesz a táplálék felaprózásában s a legtöbb esetben ebben látják biológiai jelentőségét.

Ha a kő hosszabb ideje fekszik a gyomorban, simára kopik, lecsiszolódik. Olyan fényezett a felülete, mint a sivatag szélfújta homokjától csiszolt, úgynevezett sivatagi mázzal borított kődarabnak. A fényesre csiszolt felület a gyomorkőnek ismertető jele. Ha ilyent kihalt állat testüregében találunk, bizonyosra vehetjük, hogy fosszilis gyomorkővel van dolgunk.

Sok a gyomorkő a hazai barlangok jégkorszaki üledékeiben, ahová az elpusztult madarakból, elsősorban fajdfélékből került. A sima felületű, csillogó kvarckavicsokat nyomban felismerjük.

Ausztráliában és Új-Zélandban kihalt óriásmadarak, a moák gyomorköveit találták meg számos esetben. A 2—3 m magas állatok számára a gyomorkő jelentősége igen nagy lehetett. A szemek mérete a babszem és a galambtojás között változott. Egyetlen madár, az *Emeus casuarinus* esetében a kövek összes súlya 2,7 kg volt. Egy másik esetben 342 követ számoltak meg. Súlyuk többet nyomott négy és fél kilónál!

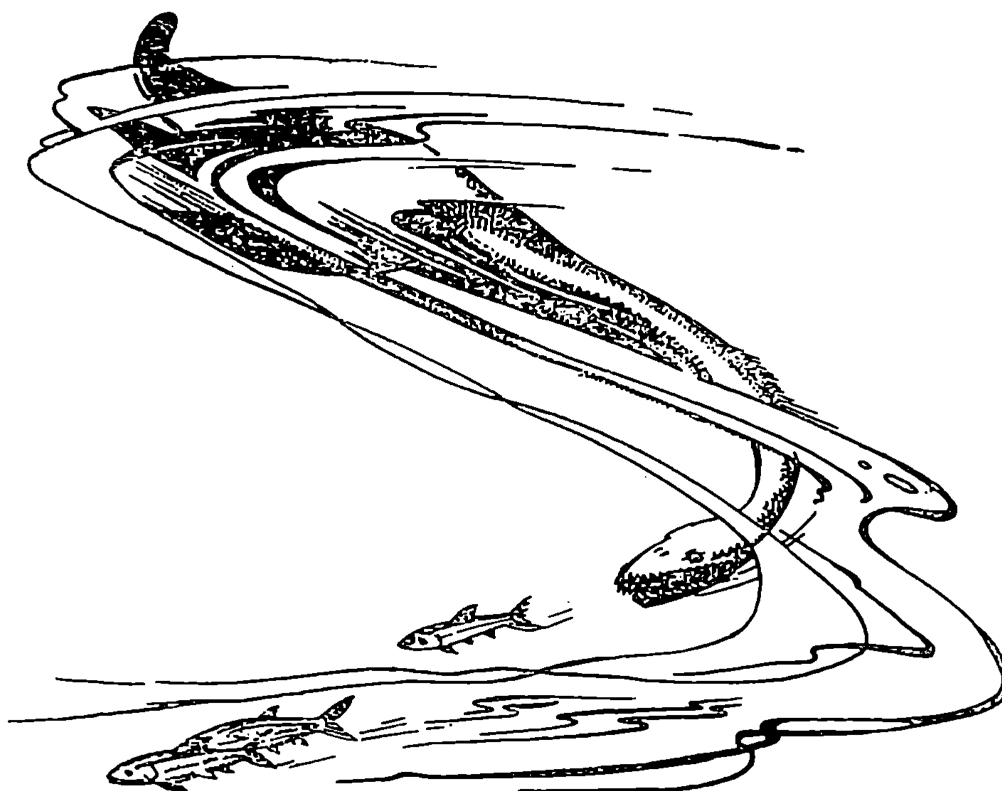
Ezek az adatok ámulatba ejtik az embert, de különösebb ősélettudományi jelentőségük nincs. Egészen más szemmel nézzük azonban azt a rendkívüli esetet, amelyet *Lambrecht* Kálmán írt le 1931-ben egy jávai szaklapban.

*Lambrecht*nek Bandungból sötétszínű kőlapot küldtek, amelyben eocén időszaki madárcsontváz volt. A lelet Sipangból, Nyugat-Szumátráról származott. Amikor megvizsgálta — kitűnt, hogy a madárnak nemcsak a teljes csontváza van meg, hanem pompásan megmaradt a gyomortartalma, egy halomban látható kvarckavicsszemekkel. A további vizsgálatok során kiderült, hogy kihalt kígyónyakú madárral van dolga, amelynek rokonsága ma is él a távol-keleti szigetvilágon. Ez az élő madár víz alatt úszva közelíti meg a halat, majd hosszú nyakát előrevágva csőrével biztosan ragadja meg áldozatát. Amikor a vízirózsa, a *Nymphea* termése érik, annak lágy magvaival is táplálkozik. Ehhez azonban nincs gyomorkövekre szüksége. Ezért *Lambrecht* feltételezi, hogy a kígyónyakú madár az eocénben kemény magvakkal táplálkozott, „étrendje" és „étlapja" azóta változott meg. Ezt bizonyítja különben az eocénkori madár halfogásra kevésbé alkalmas, jóval rövidebb nyaka és csőrének eltérő alakja. A gyomorkövek jelenléte ebben az esetben tehát az életmód megváltozását jelenti.

Érdekesek azok az esetek, amikor hattyúnyakú sárkányok, *Plesiosaurus*-félék testüregében, a gyomor helyén találtak gyomorköveket. A hatalmas, 6—8 m hosszú vagy ennél is hosszabb állatoknak tyúktojásnál nagyobb kvarcdarab, gneiss törmelék s kemény homokkő görgeteg volt a gyomorköve. Rendszerint egy halomban fekszenek megemésztetlen táplálékmaradványokkal. *Fraas* — aki Holzmadenből az egyik legszebb hattyúnyakú sárkány, a *Thaumatosaurus victor* teljesen ép csontvázát írta le — megemlíti, hogy a gyomor és a belek helyén olajosan fénylő, szürke kvarcdarabokat talált. Egy másik, angliai lelőhelyről származó hattyúnyakú sárkányban kavicsokon kívül elnyelt fadarabkát, őshüllő-fogat és *Belemnites* mészvázait találták (46. ábra).

A könyvtárnyi gyomorkő-irodalomban újabban két tudós is rendet igyekezett teremteni. Az egyik *Lambrecht* Kálmán, a másik — részben az ő nyomdokain haladva — Othenio *Abel*. Az érdekesnél érdekesebb esetek közül megemlítjük, hogy sok

sárkánygyík (*Dinosaurus*) vázában is találtak gyomorköveket. Az egykori német Kelet-Afrikában folyt nagy kiterjedésű ásatások is hoztak felszínre ilyeneket. Rendkívüli méretű sárkánygyík-vázakat ástak ki, a világ eddig ismert legnagyobb szárazföldi állatainak maradványait. Az egyik csontváz nyakcsigolyái mellett, a nyelőcső helyén feküdtek a kövek. A szakemberek szerint az állat haláltusája közben öklendezte ki azokat. Ezt tapasztaljuk a ma élő, haláltusájukat vívó madarakon, gyíkokon és kígyókon. A fényesre csiszolódott gyomorkövek a nyakcsigolyasor *bal oldalán* feküdtek, annak jeléül, hogy a sárkánygyík nyelőcsöve — éppúgy, mint a madaraké —, a nyak bal oldalán húzódott!



46. ábra. Plesiosaurus rekonstruált képe. (Colbert *nyomán*)

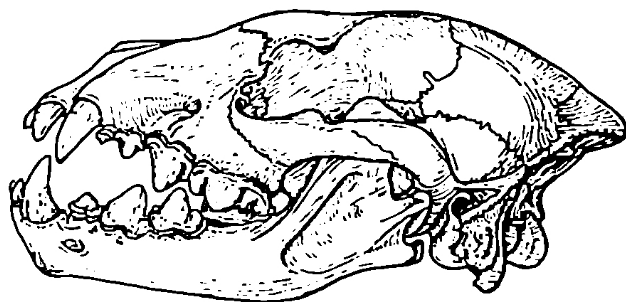
Kalcedon és láva darabokból álló gyomorköveket találni az élő fókafélékben, például a *Callorhinus ursinus*ban.

Dögevő és ragadozó állatok tanyái

Ha elővesszük *Széchenyi* Zsigmond vagy *Kittenberger* Kálmán afrikai útikönyveit, oldalakon át olvashatunk a hiénák dögevő, eltakarító munkájáról. „*A foltos hiéna hatalmas erejű állat* — írja *Kittenberger.* — *A legnagyobb és legveszélyesebb vadak között szerepelne, ha nem volna igen nagyon gyáva. Állkapcsa és fogazata hihetetlenül erős, játszi könnyedséggel roppantja össze a nagy antilopok, sőt a bivaly acélos lábszárcsontját, hogy a csontvelőhöz jusson.*" Egy kiváló angol kutató, *Bucland* megfigyelte, hogy a fokföldi hiéna szétrágta egy ökör combcsontját, *Brehm* pedig látta, amikor az afrikai

csíkos hiéna fél óra alatt — a koponyát kivéve — eltüntetett egy egészkutya-hullát. Ugyanezt mondhatjuk a jégkorszaki barlangi hiénáról, vagy az azt megelőző, melegebb időszakok őshiénáiról (47. ábra). Az ősemberen kívül a barlangi hiéna vitte a legtöbb ősállati maradványt a biztos, sötét tanyahelyre, ahol zavartalanul lakmározhatott. Ilyen lakomák maradványaiból állította össze *Sickenberg* az ausztriai Eggenburg közelében kiásatott Ördöglyuk faunáját, amelyet a jégkorszak idején hiénák hordtak egybe. Rőtvad, óriásgím, rénszarvas, bölény, mammut, gyapjas orrszarvú és ősló szerepelnek a listán. Ezek a hiénák nemcsak a vadtulok vagy az ősbölény „acélos lábszárcsontját" roppantották ketté, amint azt *Kittenberger* írta, hanem a jégkorszaki orrszarvú elefántcsont-kemény, rendkívül tömör ugrócsontját, asztragalusát is körülrágták.

Sok ilyen hiénás barlangot ismerünk Németországból, Franciaországból és Angliából. *Buckland* már a múlt század elején rájött arra, hogy az angliai Kirckdale barlangjának nagytömegű jégkorszaki csontjait a barlangi hiéna hurcolta be és rágta össze. A csontok mellett megtalálta a hiéna maradványait, sőt szerteszét heverő kövesedett ürülékeit is. Valóságos hiéna-tanyahelyet írt le a Bihar-hegységből *Kormos* Tivadar. A barlang mélyén víz gyűlt össze, s a víz mellé hurcolták zsákmányukat a hiénák. A kiöregedett állatok ide húzódtak halálukat érezve, s itt találta meg *Kormos* az összerágott csontok mellett az elpusztult hiéna csontvázát és kövesedett ürülékét is.



47. ábra. Őshiéna koponyája erős csonttörő fogazattal

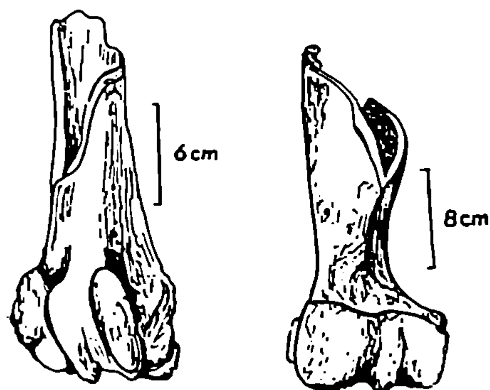
Azokban a barlangokban vagy sziklahasadékokban tehát, ahol a földtörténeti múltban hiénák tanyáztak, rendszerint minden csontot szétharaptak, összerágtak, és a szétrágott óriás állatcsontok élénken tanúskodnak arról, hogy a hiéna állkapcsa milyen szörnyű csonttörő „szerszám".

Tudnunk kell, hogy a hiénák nem egyéb táplálék hiányában rágták szét és fogyasztották el a csontokat. A nagyobb állatok végtagcsontjainak ízületi részei és a csontvelő fontos táplálékuk volt. Egy bécsi paleontologus, *Zapfe* kimutatta, hogy a hiéna elsősorban a még összefüggő vázrészeket, végtagokat rágta szét, s ilyenkor előbb a test felé eső, erősebb, úgynevezett *proximális* ízületeket lazította meg vagy harapta el. A hiénarágásra jellemző, hogy a csontszéleket erőszakosan szétmorzsolja, s a csontban mély fognyomokat hagy. Harapásai olyan jellegzetesek, hogy régi csonttani atlaszok képein, például *Cuvier* 1836-ban megjelent világhírű összehasonlító csonttanának ábráin is felismerhető az őshiéna rágása a jégkorszaki gyapjas orrszarvú felkarcsontján és combcsontján (48. ábra).

Az erőltetett rágásnak olykor fogtörés volt a következménye. Az Igric-barlangból ismerünk egy vén barlangi hiéna koponyát. 1856-ban gyűjtötték és a Nemzeti Múzeumba került. Legtöbb foga erősen koptatott, sőt a fogbélkamra is nyitott. A jobb oldali negyedik előzápfog még az állat életében többszörösen eltört. A fogtörés és a megnyílt fogbélüreg súlyos következményei a koponyán kitűnően láthatók. A fog gyökere hatalmas sipolynyíláson át szabadon látszik. A fertőzés átterjedt a koponya többi részére is. A koponyatetőn, a hatalmas rágóizmok tapadására szolgáló, sisaktaréj-szerű falcsonton nagy csontelhalásos üregek nyílnak, amelyek a homlok- és arcöblökből a szabadba ürítették a gennyet.

A jégkorszak nagy eljegesedései közé eső melegebb időszakokban a hiénatanyákon, ahol sok csont hevert, gyakran megjelent a tarajos sül, és a csontokat összerágta. Sőt a hiénák vagy a farkasok lakomáján visszamaradt csontokat valósággal eltüntette, felismerhetetlen golyókká rágta körül. A legszebb példákat a gömöri karsztfennsík egyik üregéből, Gombaszögről hoztam a Nemzeti Múzeum gyűjteményébe (XXIV. tábla).

A hiéna vagy a farkas fogsora, amint mondottuk, olló módjára zár. A kiálló és hegyes csúcsok egymás közé illeszkednek: a fogak „lyukasztanak" és törnek. Másként rág a tarajos sül. Ez igazi rágcsáló állat. Állkapcsa előre-hátra mozog, s csak egyes példányokon tapasztalható, hogy a fogsor kissé átlós irányba (transzverzálisan) is mozoghat. Ennek megfelelően a két alsó állkapocs előre álló, nagy és széles, véső alakú metszőfoga hosszú, vályú alakú, egymással rendszerint párhuzamos, 3—4 mm széles nyomokat vés a csontokon. Ha csak egyetlenegyszer látunk ilyen rágásnyomot, később is minden esetben felismerjük.

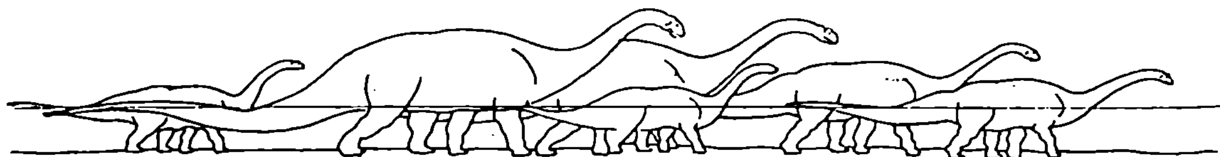


48. ábra. Szarvasmarha combcsont és felkarcsont szétharapva. A ma élő foltos hiéna lakomájának maradéka. A hiéna a proximális izületeket ette meg (Zapfe *nyomán)*

Höfer számos helyről származó élő tarajos sül rágásnyomát vizsgálta meg, s a nyomok alakja és lefutásmódja minden esetben egyezett. A kelet-indiai szigetvilág, pl. Borneo tarajos sülje, Afrika vagy Amerika tarajos sülje éppen úgy rág, mint ősei rágtak a jégkorszakban vagy azt megelőzően a pliocénben. *Fick* megfigyelése szerint rágás közben a két metszőfog hegye olykor közelít vagy távolodik, noha az alsó állkapocs szimfizise minden esetben, mindegyik fajon összecsontosodott. Ez meglátszik a kihalt tarajos sül rágásnyomain is, mert a kirágott vályúk egyes esetekben gyenge szög alatt hajlanak egymáshoz. A rágás mechanizmus tehát a tarajos sülökön évszázezredek alatt sem változott.

Egyes lelőhelyeken, ahol növényevő dinoszaurusz-csontokat találtak, gyakoriak rajtuk a ragadozó dinoszauruszok fogainak nyomai és a harapás közben kitört vagy kihullott fogak. Ezeknél az állatoknál a fogak gyakori kitörése ugyanis nem jelentett táplálkozási nehézséget, hiszen a fogak száma nem korlátozott, mint például az emlősállatoké. A kitört fogak helyébe rendszerint újak nőttek. Sőt, ott voltak már az állcsontban és az állkapocsban tartalékban, mielőtt még szükség lett volna rájuk. Az egyik erdélyi sárkánygyík állkapcsában *Nopcsa* harmadfélszáz fogat talált, de akadtak állkapocsra, amelyben kétezernél több fogat és fogkezdeményt számoltak meg.

A frankfurti Senckenberg Múzeum *Diplodocus* csontvázának preparálása közben megtalálták két csigolya közé ékelődve egy ragadozó dinosaurusnak a kitört fogát. Egy *Brontosaurus* gerincét pedig a hullaevő *Allosaurus* harapta össze. Ebben az esetben is ott hevert a csontváz mellett az *Allosaurus* néhány kitört foga.



49. ábra. Növényevő sárkánygyíkok (Brontosaurus) *csapata menekül a ragadozó* Tyrannosaurus *elől*

Bizonyos, hogy ezek a fogak mindkét esetben dögevés közben törtek ki, s a ragadozó nem az élő állatot harapta meg. Nem lehet azonban semmi kétségünk aziránt, hogy az élő növényevő *Dinosaurus*-kolosszusokat is üldözte és megtámadta, sőt egyiket-másikat elejtette. 1941-ben az amerikai Természettudományi Múzeum expedíciót küldött ki Texasba, *Brontosaurus* lábnyomok gyűjtésére. Fáradságos munkával hosszú területen kiszabadították a nyomokat, s kitűnt, hogy a több nagy és néhány kisebb növényevő sárkánygyíkból álló csapatot egy hatalmas, kétlábon járó ragadozó *Dinosaurus* üldözte. Valamennyiük lábnyoma kitűnő állapotban maradt meg az egykori iszapból keletkezett kemény kőzetben (49—50. ábra).

Elemi csapások alkalmával, áradások vagy füves sztyeppek égése közben olykor hihetetlen tömeg állat pusztul el. Ott, ahol a tetemek összetorlódnak, a ragadozók hosszú időre tanyát ütnek a könnyű préda elfogyasztására. Ilyenkor a szétrágott csontok hekatombái maradnak hátra s temetődnek be.

Görögországban, Pikermi vidékén hasonló katasztrófa alkalmával elpusztult pliocénbeli állatok ezer és ezer csontját ásatták ki a szakemberek, köztük a Magyar Földtani Intézet kutatói is. *Abel*, aki szintén heteken át ásatott, sok megrágott ősállati csontot vitt magával Bécsbe, az egyetemi Őslénytani Intézetbe. A pliocénkori hiéna úgy harapta el a vastagabb végtagcsontokat ízületi végük alatt, mintha azok árpacukorból lettek volna. A háromujjú ősló sípcsontjába úgy mélyedt be a foga, mint a vajba. Sőt a tarajos sül is kivette részét a csontpusztító munkából. *Abel* remek képeit az egész világirodalom átvette.

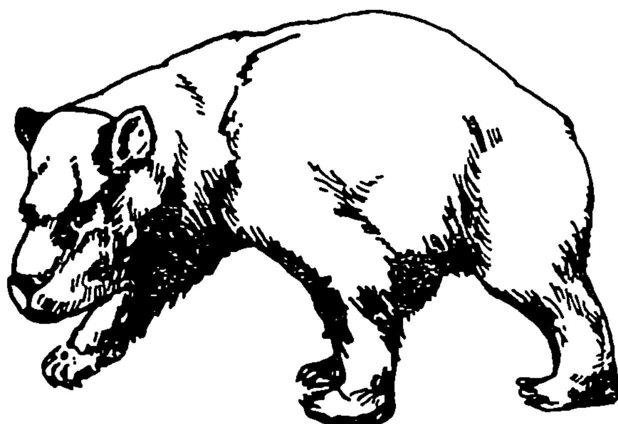


50. ábra. Növényevő dinoszaurusz-(Brontosaurus-)*csapat lábnyomai. A nyilak az üldöző ragadozó dinoszaurusz* (Tyrannosaurus) *lábnyomait jelzik*

Sós mocsarakban, aszfalt-telepek ragadós iszapjában is sok állat lelte halálát. *Alföldi* László, aki az Állami Földtani Intézet kiküldötteként Mongóliában járt, több esetben látta, amint a sivatag sóstavaihoz a nagy vízhiány következtében ménesek érkeztek. Az állatok alatt a vékony sókéreg beszakadt, s volt, amelyik odaveszett, mások oldalukra fordulva testüket addig vetették hátra, amíg kivergődtek a szilárdabb partra. Újból és újból ittak a sós vízből, miközben a levegőt körülöttük betöltötte a halálordítás szívszorító lármája.

Ausztráliában, a Kallabonna-tó mellékén jégkorszaki mocsarak sós ingoványa terül el. A napégette sivatagban az ingovány vizét itt is vékony sókéreg takarta. Sok napi járóföldre nem volt hely, ahol az állatok szomjukat olthatták, s itt is a sós vízre fanyalodtak. Amelyik nem vigyázott, vagy túl mohón vágott neki a víznek, az alatt beszakadt a kéreg és az állat lassan alásüllyedt. Orrszarvú nagyságú erszényes ősállatok, a *Diprotodon*ok és az óriásmadarak, a moák csontvázait találták itt álló helyzetben — úgy, amint lassan-lassan alásüllyedtek. A növényevő erszényesek mumifikálódott gyomortartalma elárulta, hogy sótkedvelő növényekkel táplálkoztak, míg a moák gyomorkövei azt bizonyítják, hogy messzeföldről keresték fel a vizet, mert gyomorköveik kvarcanyaga sok mérföldes körzetben hiányzik (51. ábra).

Másik ősvilági tömegsírt tártak fel Kaliforniában, Los Angeles mellett, a Rancho la Brea aszfalt-telepeiben. Madarak, növényevők és ragadozók vesztek itt oda ezerszámra. Az aszfalt nemcsak fogva tartotta s halálukat okozta, hanem konzerválta és megőrizte őket. Amíg az aszfalt-mocsárból kiemelkedő dög húsához hozzáfértek a ragadozók, addig marcangolták és falták. Amint azonban a nagytestű növényevők teteme a nap melegétől fellágyult aszfaltban alább süllyedt, a ragadozóknak is menekülniük kellett. Ilyenkor természetesen megesett, hogy túl soká késlekedtek, marakodás közben egymást taszították az aszfaltba, vagy megriasztva elvétették az ugrást, egyszóval ők is ottvesztek a bűzlő, fekete mocsárban.



51. ábra. Őserszényes (Diprotodon)

Az állandóan megújuló lakomákat — a megrágott csontokon kívül — olyan maradványok is jelzik, amelyekbe ott látjuk belétörve a ragadozó kardfogú tigris vagy kaliforniai ősfarkas fogát. Beszédes hírmondói ezek a rég letűnt világnak.

Ősvilági „élelem-raktárak”

Bizonyára nem minden csodálkozás nélkül olvassuk ezeket az adatokat, de általuk tisztul s alakul ki igazán sok-sok kép az ősállatok életéről. Talán éppen azért, mert ilyen lebilincselők, helyénvaló a szakember kérlelhetetlen bírálata is. Annyi mindenesetre bizonyos, hogy egy-egy lelet körül gyakran élénk vita kerekedik, ami olykor évtizedekre visszanyúlik adatokért, hogy annál hathatósabban tisztázhassa a kérdést.

Ilyen vitatott ősélettudományi problémáknak valósággal iskolapéldája a következőkben elmondott leletek ügye.

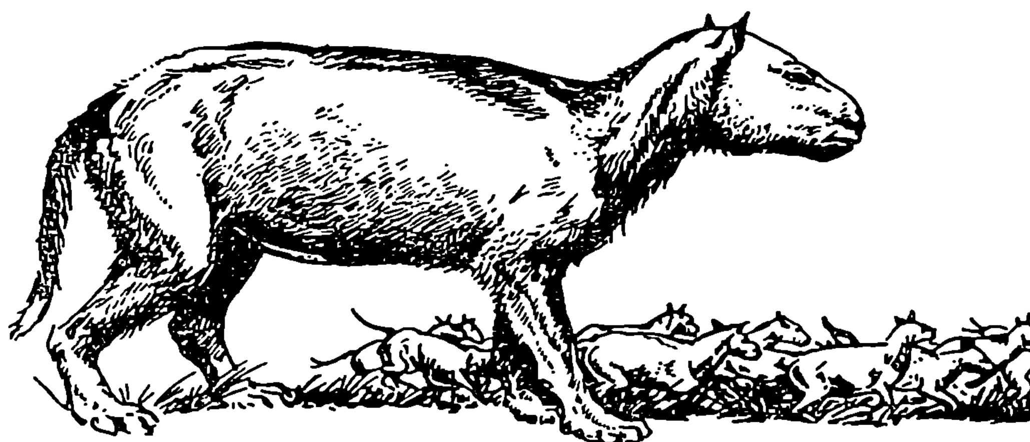
A szakemberek régóta megfigyelték, hogy időnként különböző lelőhelyekről előkerülnek olyan vázrészek, amelyeknek odajutását, felhalmozódását megmagyarázni nem sikerült. Észak-Amerikában az északnyugat-nebraskai Bad Landsban, *Merycoidodon*-tartalmú rétegekben több esetben bukkantak olyan csontfészekre, amelyben csak patás állatok koponyái voltak. Ez a *Merycoidodon* ősi állattípus, még nem kérődző párosujjú (52. ábra). Koponya-leleteihez tartozó egyéb vázrészei körös-körül hiányoztak a rétegekből. *Abel* 1925-ben maga is talált ilyen réteget, amelyben ennek az ősnövényevőnek négy koponyája volt egymás mellett, vázrészek nélkül. A koponyák házikutya-koponya nagyságúak, mindenesetre nem túl nehezek ahhoz, hogy eredetileg akár egy kisebb termetű ragadozó is magával hurcolhatta őket.

A hely pontos tanulmányozása után kitűnt, hogy — ami egyébként természetes is — árvíz által összesodrásról szó sem lehet, s a rétegben, a leletek mellett sok ragadozó-koprolit, vagyis kövesedett ürülék van. Ez a lelet tökéletes párja annak, amelyet ugyancsak Bad Lands területén, az Indian Creek egyik mellékvölgyében, szintén *Merycoidodon*-tartalmú rétegben *Wanless* talált és írt le 1923-ban. Itt nem kevesebb, mint hat állatfajnak, köztük a *Mesohippus* őslónak, a disznószerű *Elotherium*-

nak, a *Perchoerus*nak és a *Leptomeryx*nek, ennek a kezdetleges őskérődzőnek a koponyáira bukkantak. Itt sem találtak egyéb vázrészeket, s a réteg itt is telve volt ragadozók fosszilis ürülékével.

Harold *Wanless* a rejtély megoldását abban kereste, hogy valamelyik nagy oligocéni macskafélének vagy hiénaszerű ragadozónak a „depója", elásott élelem-tartaléka került negyven millió év múltán a napvilágra.

Abel maga is ezen a véleményen volt. Hasonló példákat keresett a ma élő állatok körében. Az köztudomású, hogy a házikutya vagy a farkas ugyanígy elrejti azt, amit



52 ábra. Merycoidodon rekonstruált képe

megenni nem tud. Hamarosan jelentkeztek vadászok és expedíció-vezetők, akik ugyanezt beszélték a prérifarkasról. Amikor az állat zsákmányát elássa, — a helyet levizeli és bélsarát ráhullajtja. A kitűnő paleontológusnak, az amerikai *Hatcher*nek még különösebb tapasztalata volt. Távollétében expedíciójának legkülönbözőbb tárgyait ásták el a közelben a prérifarkasok, s a helyet azok is vizeletükkel és bélsarukkal „jelölték" meg.

Nem kétséges, fejezi be kutatásait *Abel,* hogy ezekben az oligocén-leletekben is egykori ragadozók élelmiszerraktárait kell látnunk.

Kövesedett állati ürülékek

Ne fintorogjunk. „Szagtalan" tudomány ez is, mint minden, ami egykor fosszilizálódott s az évek mérhetetlen sora desztillált ki belőle minden szerves eredetre való illatot. Azután meg legalább annyira hasznos tudományág, mint mindazok, amelyek köréből eddig bemutató példákat vettünk. Gondoljunk csak a sok százezer tonnát jelentő madárguanó telepekre Peru és Chile partjain, vagy a számos barlangban felhalmozódott denevérguanóra Európában, Új-Mexikóban vagy az indomaláji szigetvilágon. Ezeknek a telepeknek egy része egészen bizonyosan még a földtörténeti múltban keletkezett.

A szakembert a legkülönbözőbb korok egészen eltérő kőzeteiben egyenként, elszórtan található fosszilis ürülékek is érdeklik. Egyesek közülük olyan kitűnő állapotban maradtak meg, hogy a kövesülés kifejezése nem is illik rájuk. Ilyenek a mammut, a *Mastodon,* a dél-amerikai óriás lajhár növényi maradványokból álló „gombócai". Végül különösen érdekesek — és a geológus számára is értékesek — azok a koprolit-

leletek, amelyek kövületben szegény területekről származnak, például az Alpok vagy a Kárpátok úgynevezett flis képződményeiből, amelyekben a homokot evő állatok ürüléke fácies vagy korhatározó lehet, vagy kagylót evő gerincesek, ill. rákok egykori jelenlétére utal.

Tanulmányozásuk legnehezebb oldala, hogy a ma élő állatok ürülékéről is vajmi keveset tudunk. Sőt! Egyes esetekben a paleontológus kénytelen vizsgálat alá vetni a ma élő állatok ürülékét is azért, hogy következtethessen az ősmaradványokra.

Néhány esettel szeretnénk megvilágítani, mennyi ősélettani dolog ismeretének hiányát oszlatja el a kövesült ürülékek (koprolitok) tanulmányozása.

Amikor Belgiumban, kréta-üledékekben megtalálták azokat az *Iguanodon* csontvázakat, amelyekről már *Dollo* életrajzában, bevezetésünk első oldalain szólottunk, akkor sok halmaradvány, teknőscsontváz és más gerinces maradvány került elő a bernissarti kőszénmedence kőzeteiből. Ezekkel együtt 280 kövesedett ürüléket gyűjtöttek. A szakemberek hosszú időn át azt hitték, hogy ezek a kengurusárkánygyíkoktól, az *Iguanodon*októl erednek. Az egyik kiváló francia szakember, *Bertrand* 1903-ban megfigyelte, hogy gerinces állatok maradványai, megemésztetlen csontdarabjai vannak bennük. Márpedig az *Iguanodon*ok, amint fogazatuk s megmaradt gyomortartalmuk alapján kimutatták, növényevők voltak. A koprolitok tehát vagy húsevő sárkánygyíkoktól, vagy krokodilusoktól származtak, és a víz sodorta őket az *Iguanodon* csontváza közelébe. (XXII. tábla.)

Hasonló módon jártak a szakemberek az angliai liász rétegekben előforduló nagyszámú koprolit gazdaállatának megállapításával. Miután sok halgyík-csontváz, fog, csigolya és más vázrész került a kezükbe, egy évszázadon át minden tankönyvben és őslénytani leírásban a halgyíkok, vagyis *Ichthyosaurus*ok koponyáinak és csontvázainak valóban hatásos képei mellett bemutatták azok kövesedett ürülékét is. Ezeknek a koprolitoknak jellemző sajátsága három csavarmenetben tekeredő alakjukban volt.

Több mint fél évszázad kellett, amíg a szakemberek rájöttek arra, hogy a hüllőbél utolsó szakasza, ahol a kisajtolódó ürülék az alakját felveszi, tehát az ún. végbél — *nem csavarodik!* A bélrendszer ilyen csavarmenetben csak a halakban, s ott is elsősorban a porcoshalakban, vagyis a cápafélékben látható.

Látjuk tehát, hogy amíg egyes állatoknak a koprolitban talált ételmaradványai vezettek a gazdaállat felismerésére, addig másoknál a koprolit megemésztetlen ételmaradéka nem bizonyíték, mert például a halgyík is, meg az őscápa is ugyanazon a „koszton" él. Kisebb hüllőket, halakat, puhatestű állatokat esznek, s ürülékükben is ezeknek a maradványai fordulnak elő.

Őshüllők kövesedett ürüléke, amely a modern biológia vizsgálóasztalán is valóban annak bizonyult, vajmi ritka. Ezt már *Abel* is hangoztatta összefoglaló művében, 1935-ben. Ennek részben az az oka, hogy a múlt század második felében, amikor Amerikában és Afrikában az őshüllők maradványainak gyűjtése és kutatása a virágkorát élte, még egyáltalán nem fordítottak gondot koprolitjaik keresésére, s ha voltak ilyenek, azokat sem részesítették kellő gondozásban, s idők folyamán elvesztek, illetve preparálás és állandósítás hiányában a gyűjteményekben tönkrementek. Ilyen sors érte — amint látni fogjuk — a meglehetősen nagyszámú amerikai *Mastodon*-koprolitokat és begyűjtésre alkalmas lágyrészeket, a masztodonok szőrzetét, bőrét, izommaradványait is. Egy másik oka az őshüllő-koprolitok hiányának, hogy a hüllők nagy része híg vagy félig folyós ürüléket enged ki testéből, ami kövesedésre alig alkalmas. Ugyanezért marad el általában a madárürülékek fosszilizálódása.

Egyes madárcsoportok, mint például a moák vagy a struccok olyan tömött, összeálló ürüléket hagynak hátra, hogy azok kövesedésre alkalmasak. *Kretzoi* Miklós a Fejér megyei kislángi pliocén-kavicsokból írt le kövesedett strucc-koprolitokat, *Buick* pedig 1931-ben Új-Zélandról moa-ürülékeket. *Kretzoi* lelete azért érdekes, mert a kövesedett strucc-ürülék mellett megtalálta a hazai ősstrucc tojásának cserepeit, egy ujjpercét, amely jóval nagyobb az élő struccénál.

Németországból a hattyúnyakú sárkányoknak, a *Plesiosaurus*oknak a koprolitjait írták le. Részletes vizsgálatukból kitűnt, hogy ezek az óriás őshüllők hallal, kagylóval, polipféle fejlábúakkal, *Belemnites*ekkel táplálkoztak.

Különösen érdekes, hogy milyen nagymértékben kövesedhettek a halaknak, tehát a kifejezetten egész életükben vízhez kötött állatoknak az ürülékei. A legkülönbözőbb korú tengeri képződményekből ismerünk ilyeneket. Eleinte persze ezeket is őshüllő-koprolitoknak tartották, amint azt az *Ichthyosaurus*-koprolitok kérdésének tisztázásánál már említettük. Óriási vita folyt e kérdés körül, amely több mint egy évszázadon át tartott. A kiváló angol kutató, *Buckland* indította el a „hüllőtől vagy haltól" származás kérdését 1829-ben. Nyomon követte a két *Fraas* a múlt század derekán és végén, majd a franciák kitűnő kutatója, *Gaudry*. Azután ismét német szakember, a nagynevű *Neumayer* vette át a szót. Több dolgozata jelent meg a kérdésről 1904 és 1914 között. Különösen nagy jelentőségű volt közülük az a munka, amely a gerinces állatok bélcsatornájának összehasonlító bonctanával foglalkozott, amelyben a legkülönbözőbb élő és kihalt halfélék bélcsatornájának kanyarulatait írta le.

Egyenesen lefutó bélrendszert talált a fejlődés legalacsonyabb fokán, a körszájúakban és a kettős lélegzésű vagy tüdős halakban. Az utóbbiakén azonban már enyhe hajlást tapasztalt. A csavart bél jellemző módon fejlődött ki — amint már említettük — a cápafélékben, ahol 23 csavarulatot is talált. A csontos halakban viszont megint már csak nyomokban van meg a csavart bél. Ezeket a tanulmányokat azután 1917-ben *Woodward* értékesítette igazán, aki a felső devon időszakból olyan őscápaféle (*Cladoselache clarki* Claypole) maradványát írta le, amelyen jól látszik a csavart bél és abban a megkövesedett csavart koprolit. Mások is írtak le hasonló leleteket. Egyre több adat gyűlt össze. Az angliai kréta-rétegekből és Csehországból egyszerre több halat is ismertettek *csavart bélrendszerrel* és a belekben megkövesedett *csavart koprolittal*. Egy csapásra megoldódott azoknak a koprolitoknak a hovatartozása, amelyeket addig százszámra — de szétszórva — halmaradványokon kívül találtak ugyanazokban a tengeri eredetű kőzet-rétegekben.

A solnhofeni palákból *Vetter* olyan halmaradványt írt le, amelynek kövesült testüregében teljes épségben maradt meg 17 cm hosszú csavart bele, s ezen nem kevesebb, mint 52 csavarulatot számolt meg. A kitűnően megmaradt leleten egyébként jól látható a megkövesült gyomortartalom, amely kisebb halak gerinc- és uszony-maradványaiból áll, majd ezt követően látjuk a végbelet, ürülékkel kitöltve. Az ürülék finom szemű, csavarmenetben elhelyezkedő, egyenletes konzisztenciájú anyag, annak jeléül, hogy a hal kitűnően „megemésztette" a nagy csontokat is, azokat legkisebb részletükben feloldotta annyira, hogy mikroszkóp alatt ételmaradék már nem volt észlelhető benne.

Nem mindegyik hal gyomra „dolgozta" fel ily tökéletesen az elnyelt táplálékot. Alsó devon időszaki palákból, Németországból ismerünk kitűnően megmaradt halkoprolitokat, amelyekben *Trilobita* ősrákok megemésztetlen páncélrészeinek és végtagjainak a tömege látható. Ez az állat elsősorban tehát ezekkel a kicsiny ősrákfélékkel táplálkozott.

Említettük, hogy a magasabb fejlettségű halaknak nincs csavart bele. Ezeknek

természetesen a koprolitjuk is más alakú, nem csavart, két végén kicsúcsosodó forma. Hosszú, gilisztaszerű alakjuk van, s ez oly nagymértékben egyezik a ma élő halak féregszerű ürülékeivel, hogy koprolit voltuk nem kétséges. Különösen tanulságos példányok akadnak a solnhofeni palákban. Régebben kövesedett férgeknek, sőt kövesedett „gilisztáknak" és tengeri ugorkák kövesedett béltartalmának tartották — alaki hasonlóság révén.

Ősemlősök kövesedett ürüléke

Kezdjük azzal az ősvilággal, amely időben hozzánk legközelebb esett, s egy olyan állattal, amely típusos ősállat létére még a jelenkorban is élt. A *Mastodon*ra gondolunk. Amerikában, a Kordillerák és az Andok 2000—3000 méter magas fennsíkjain, időszámításunk kezdete után néhány száz évvel a maya indiánok még vadásztak rá. Európában, Ázsiában és Afrikában ekkor már régen kiveszett. Csak itt, a legutoljára elfoglalt új haza földjén, a magas hegységek és fennsíkok fellegváraiban maradt életben az emberi történelem kezdetén túl is.

A húszas évek végén *Abel* egyik tanítványa, *Spillmann* Equador fővárosába, Quitóba került, ahol rátermettségével nagyszerű múzeumot szervezett. Paleontológus létére természetesen új hazája területét is átkutatta, s egy kétséges nyomon elindulva ásatásokat kezdett Alangasi határában. Alangasi kicsinyke indián falu, mintegy 13 km-re a fővárostól. Az ásatási eredmény azután hamarosan világszerte ismertté tette a falunak is és a kutatónak is a nevét. *Spillmann* 1928-ban a budapesti nemzetközi őslénytani kongresszuson előadást tartott, amelyen bemutatta egy új *Mastodon*-fajnak, a *Cuvieronius postremus*nak a leírását és bebizonyította, hogy az állatot még az ősi maya törzsek egyik vadászó hordája ejtette el.

A *Mastodon*, amelynek teljes csontvázát *Spillmann* kiásatta, a bal oldalán feküdt, feje magasan nyugodott, szája tátva volt. Végtagjai messzire nyúltak a testtől. A csontváz körül tűzhely nyoma látszott. A meglehetősen nagy tűz, amelyen az indiánok a nagy testet megsütni igyekeztek, a környező kék agyagot vörösre és téglakeményre égette. A csontok több helyen elszenesedtek. A tűzhelyen *Spillmann* megtalálta az indiánok cserépedényeit is. A régészek szerint a mastodonvadászok edényei 1600—1800 évesek, s a maya kultúra félreismerhetetlen nyomait viselik.

A csontváz egyes részei az ásatáskor — anatómiai helyzetüknek megfelelően — érintkeztek egymással, de a második nyakcsigolya és az első hátcsigolya között a gerinc szét volt zúzva. Itt egy 40 cm átmérőjű szikladarab feküdt, amit a vadászok a magasból zúdítottak alá a földszorosba behajtott állatra.

Rendkívüli lelet, annyi bizonyos. A keményre égett agyagtapasztás, amivel az indiánok a hús elégésmentes megsülését akarták elérni, egyúttal megóvta a hatalmas állat testüregébe zárt bélsár-maradványokat vagy a lágy testrészek lenyomatát. Így megmaradt a vastagbél helyén néhány gömbölyű, 15 cm átmérőjű bélsárcsomó is. Alakjuk és anyaguk emlékeztetett a ló bélsarára. A leletet *Spillmann* glicerinben konzerválta, a növényi maradványok későbbi, pontos meghatározására.

Ugyancsak *Mastodon*tól származik az a másik koprolit, amelyet nemkevésbé érdekes környezetben mi fedeztünk fel Ipolytarnóc határában, miocén időszaki homokkőben. Itt mintegy harmincmillió évvel ezelőtt ősvilági itatóhely terült el, ahová ősszarvasok, orrszarvúszerű ősállatok, madarak és *Mastodon*ok jártak inni. Száz és száz lábnyomuk kitűnő állapotban maradt meg a megkeményedő nedves homokban. Egy helyen, a mastodonnyomok vonalán 32 cm hosszú, két végén kissé csavart,

laposra nyomott ürülék maradt meg, sűrűn egymás mellé sorakozó fűszálak jól kivehető nyomaival. A lelet vagy harmincmillió évvel régibb az amerikainál (XIX. tábla).

Magyarországról más lelőhelyekről is ismerünk koprolitokat. A Kisgellért-hegy harmadkori, lemezes márgájából a solnhofenihez hasonló alakú, féregszerű hal-koprolitok kerültek elő. Csákvárról, barlang kitöltésből a háromujjú ősló, a *Hipparion* és a kardfogú tigris maradványait tartalmazó pannóniai korú agyagból őshiéna koprolitját gyűjtötte *Kretzoi* Miklós. Ismerünk a Bihar-hegységi Igric barlangból, a Gellérthegy sziklarepedéseiből barlangi medve-koprolitokat. Ezek tökéletesen egyeznek azokkal, amelyeket *Abel* Eggenburg határában, az Ördöglyukban gyűjtött.

A ragadozó ürülékek könnyen és jól fosszilizálódnak, mert nagy foszforsavas mésztartalmuk összetartja, összecementálja állományukat. Franciaországban találtak barlangokat a jégkorszak óta természetes úton elzáródott nyílással, ahol a változatlanul megmaradt jégkorszaki talajfelszínen ragadozók, farkasok és hiérák lábnyomai mellett ott hevertek — a pusztulás legcsekélyebb jele nélkül — ugyanezeknek a ragadozó állatoknak az ürülékei is. Ugyanezt tapasztalta *Kormos* a bihari barlangokban.

Bár a ragadózó állatok emésztőrendszere jóformán teljes egészében feldolgozza a szétrágott és elnyelt csontokat, — apró törmelékek, zománccal fedett fogkoronák, madártoll részletek gyakran fordulnak elő bennük. Az amerikai jaguár, ha éhes és szerét ejti, széttépi a tövises tarajos sült is, és nemegyszer találtak ürülékében megemésztetlen tövisdarabokat.

Háziállat vagy ősállat?

Az első hír Dél-Patagóniából érkezett. Még a napilapok is széltében-hosszában tárgyalták, hogy Consuelo Cove mellett egy barlangban olyan kihalt óriás foghíjas állatnak, a *Grypotherium*nak a maradványaira akadtak, amelyet Patagónia őslakói levágásra hízlaltak barlangjaikban. A barlang egyik sarkában nagy mennyiségű széna volt felhalmozva — mondja a híradás —, a másikban rakásra söpört hatalmas ürüléktömeg hevert, közben csontok, bőrdarabok mindenfelé. Rudolph *Hauthal* az *„El Mamifero Misterioso" (A titokzatos emlősállat)* regényes leírásával hívta fel a tudományos világ figyelmét. Az állatot elnevezték *Grypotherium domesticum*nak, vagyis domesztikált, háziasított *Grypotherium*nak.

A további leírások szerint a barlangi tűzhelyek hamujában ezeknek az ős-foghíjasoknak a megpörkölt, felhasogatott, megrágott csontjai mellett kovakőből készült emberi eszközök hevertek. Sőt az őslakók a barlang egyes részeit szikladarabokkal elkerítették, valóságos istállót építettek.

A *Grypotherium* barlangban talált ürülékét Spencer *Moore* vizsgálta meg. Az eredmény várakozáson felül elképesztő volt. A kutató egy sereg ma is élő növény maradványa mellett olyan fás növényi szárakat talált bennük, amelyeket az állat nem tépett le vagy csavart ki táplálkozás közben, hanem sima felületen, éles eszközzel lemetszettek. *Hauthal*nak tehát igaza volt, amikor azt mondotta, hogy ezeket a kipusztult foghíjasokat az ember etette és háziállatként tartotta, hiszen a növényeket csak ő vághatta le éles kőeszközzel.

Mindez 1899—1900 táján történt. Évtizedek teltek el, amíg újból előtérbe került a kérdés.

Arthur *Eames* egyetemi tanár 1930-ban ugyanerről a lelőhelyről gyűjtött *Grypo-*

therium-ürüléket vizsgált, s úgy látta, nincs benne fás növényi szár, s a növényi maradványok sincsenek éles szerszámmal lemetszve.

A vita azonban ezzel nem dőlt el, csak tovább bonyolódott.

Új-Mexikóból, vulkánikus vidékről, a Donna Ana Countyban többé-kevésbé meredek falú, 30 m mély lávabarlangban több ősállat csontvázára bukkantak. Az állatok a növényzettel eltakart üreg három méter széles száján át zuhantak a mélységbe, s nem tudtak a sima lávafalakon visszajutni a felszínre. Valóságos csapda volt ez a jégkorszak idején. Növényevők és ragadozók egyaránt beléestek.

Különösen jól tanulmányozhatók a foghíjasok rokonsági körébe tartozó másik óriás foghíjasnak, a *Nothrotherium*nak a maradványai. A csontvázat kötőszalagok és inak még összetartották, s a hosszúszőrű bunda egy része és a hatalmas karmok is megmaradtak. A test a rendkívül száraz helyen, az egyenletes levegőjű föld alatti „sírkamrában" valósággal mumifikálódott. Közvetlenül az állat mellett feküdt az ürüléke — oly jó állapotban, hogy ezt már nem is nevezhetjük koprolitnak, hiszen nem fosszilizálódott, hanem csak kiszáradt. Ezt is *Eames* vizsgálta meg. Túlnyomó részben virágos növények (Angiosperma) maradványai mellett páfrányokat is talált. Ágdarabok, gyökérdarabok, termések, s a földből kitépett növények gyökerével együtt sok homok került még bele.

Ebben az ürülékben is, mint az előbb említett dél-patagóniai *Grypotherium* ürülékben, ugyancsak sok volt a homok. Ez az állat is gyökerestől szakította ki a földből a növényeket, s azon mód, homokkal együtt kebelezte be.

Még ugyanebben az évben, 1930-ban jelent meg *Sinclair* közleménye a nevadai ősemberről. Ő Chester *Stock* ásatásainak az anyagát dolgozta fel, aki a nevadai Gipsz-barlangban gyűjtött számos *Nothrotherium* ürüléket hozott magával. Fő tömegük ürömfélékből állott. *Stock* az ürülékeket *kultúrrétegekben* találta, és az óriás foghíjas ürülékét magába záró réteg *alatt* is emberi kulturréteget talált. Ezen az alapon 1935-ben *Sinclair*rel egyetértésben *Abel* kimondotta, hogy az óriás foghíjasok együtt éltek Dél-Amerika őslakóival, s ürülékeik sem fosszilisak, hanem prehisztorikusak.

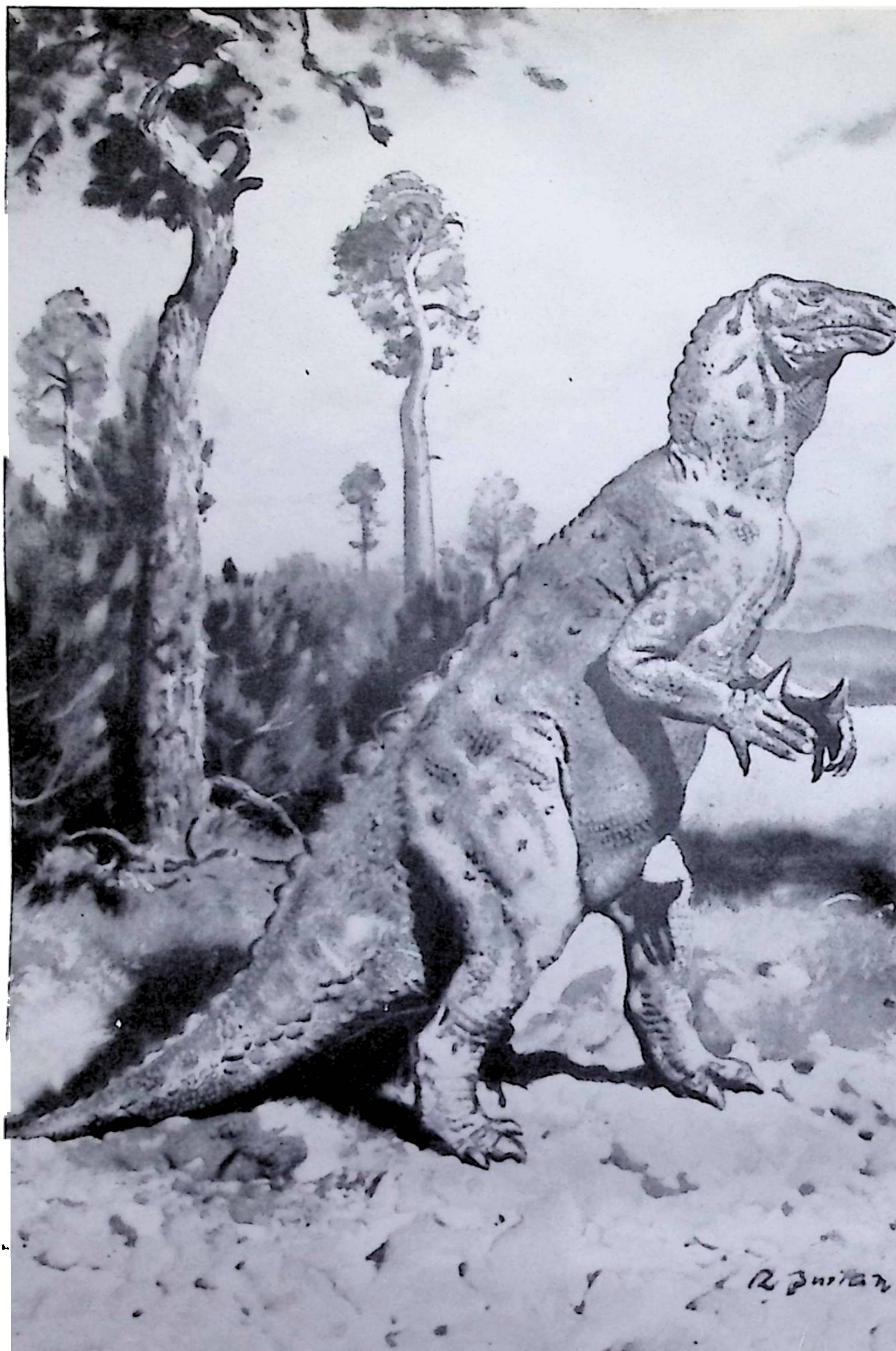
Ős-gerinctelenek kövesedett ürüléke

Eddig gerinces állatok táplálkozásáról, rágásmechanizmusáról, gyomortartalmáról és fosszilis ürülékéről beszéltünk. A kiterjedt irodalom jóformán a világ minden tájáról, igen sok földtani képződményből, számos állattípusról tartalmaz följegyzést. Ezeket természetesen még hozzávetőlegesen sem lehet ismertetni ilyen előre megszabott keretek között. Azután meg a nem szakember számára elolvashatatlanul unalmasak lennének a felvonuló adatsorok, s mit tagadjuk, érthetetlenek is. Az író tehát válogat. Persze, aggályosan és örök kétségek között, hogy képes-e a legjavát kiszedni, rövid néhány sorban értelmesen és érdekesen elmondani, tanítani és szórakoztatni, s az egész „összehordott" írásművel az általános figyelmet a magasabb természeti összefüggésekre irányítani.

Az ilyen munka, azt hisszük, egyre inkább veszít a hatásából, ahogy távolodik a múltba. Az adatok mindjobban elveszítik színes és meleg élet-hátterüket. A természet, amit szemléltetni igyekszünk az elmúlt évmilliók távcsövén át, egyre kopárabb. Egyre többször kell száraz leírásokra, ősmaradványok legalább némileg szakszerű jellemzésére támaszkodnunk. De azért az írás helytállását ezek mellett a nehézségek mellett is segítik a nagyobb testű, általánosan ismertebb, életmegnyilvánulásaikat könnyebben szemléltető gerinces állatok. Annál nehezebb dolgunk van a gerinctelen,



Az Ectoconus *a korabeli környezetben ábrázolva*



Az Iguanodon *Belgium felső krétabeli rétegeiből*
(Augusta—Burian, Heilmann *rekonstrukciója nyomán)*



Stegosaurus-*életkép* (Burian *rekonstrukciója)*



Tarajos sül rágta végtagcsont jégkorszaki üledékekből, Gombaszögről



Miocénkori ős-orrszarvú lábnyomai Ipolytarnócon

méghozzá az ős-gerinctelen állatok életnyomainak ismertetése során. Mert ha el is mondtuk a cápák, halgyíkok, sárkánygyíkok vagy *Mastodon*ok kövesedett béltartalmának vagy ürülékének a dolgát, mit várjunk a rákok vagy a férgek ürülékének közszemlére állításától? Ezért méltányos, ha a jószándékú olvasónak előre megmondjuk, hogy ezeknek a hétköznapi értelemben visszataszító külsejű és ijesztő, sőt undorító állatoknak az eddig elmondott eseteknél is felmérhetetlenül nagyobb a jelentőségük, amikor — Földünk múltját kutatva — rátérünk csendes, akárhányszor „láthatatlan" de „mindenütt jelenvaló" működésük bemutatására. Egész hegységek, például az Alpok vagy a Kárpátok fő tömegét alkotják azok a kréta időszaki homokkövek, a szakember nyelvén „flis képződmények", amelyeknek egyhangú, olykor kétségbeejtően egyforma megjelenési módja, földtani szerkezete és kőzet-mikroszkópiai szövete alig enged összehasonlítást, tájékozódást. Ilyenkor valóságos áldás a szakembernek, ha megpillantja a kimállott réteglapon a gerinctelen állatok, rákok, férgek csúszási-mászási nyomait, járatainak kitöltését, szétrágott ételhulladékaikat, koprolitjaikat, a tengerparti élet eme változatos, szerves eredetű feljegyzéseit. Ezért érdemes hozzáértővel elbeszélgetni keletkezésükről, rendkívüli fontosságukról s földtörténeti értékükről.

A tengerpart „proletárjai"

Abel 1925-ben, amerikai tanulmányútja során elvetődött Batabanóba, Kuba déli partvidékének hatalmas mangrove mocsárerdőségeibe.

Nem varázsos szépségű terület ez, annyi bizonyos. Magas, kuszán egymásbafonódó gyökerek és liánok iszaptenger fölé emelkedő boltozata alatt milliárdnyi állat mozgása hallatszik a súlyos levegőjű, bűzlő, párás és fullesztő melegben. Férgek csúsznak-másznak szüntelenül, és kis páncélos rákok zörögnek. Titokzatos, lüktető élet jelenlétét érezni mindenfelé. „*Vándorolok árapály idején a trópusi mangrove-mocsár iszapfelszínén* — írja *Abel Amerikai utazás* című nagyszerű könyvében.— *Nedves állapotban lágy, kékesfekete, rosszillatú sár ez. A rothadó szerves anyaggal tömött iszapból hatalmas gázbuborékok törnek a felszínre és mély tölcséreket hagynak maguk után. Körülöttük megszámlálhatatlan tömege az életnyomoknak, amelyekről eddig alig írt valaki. Milliónyi frissen ásott lyuk, az Uca pugilator, az integető rák tanyája. Közöttük sörtelábú férgek megszámlálhatatlan csúszásnyoma és fúrt járata. S a lyukak és kicsiny alagutak mellett az egész térségen apró ürülékhalmocskák emelkedtek. A férgek és rákok szakadatlan tevékenységének jelképei. A nagyobbakban fehér szilánkok fénylenek, amint a későbbi vizsgálatokból kitűnt, apró osztrigateknők töredékei. Ezek a kagylók is milliárd számra találhatók a mangrove-gyökerekre rögzítve, és a férgeknek és rákoknak szolgálnak eledelül.*"

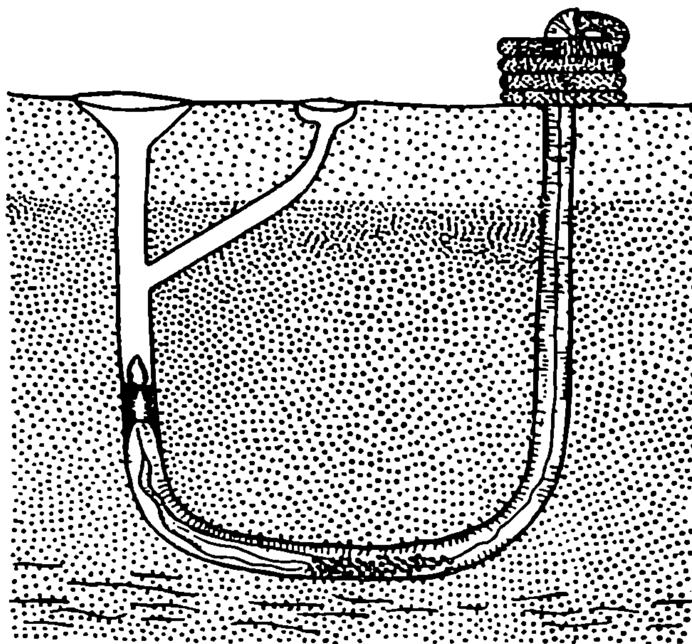
A tűző trópusi nap hamarosan kőkeményre szárítja az ürülékhalmocskákat és az üregek falának iszaprétegét, s amikor a visszatérő áradat az egész területet újból elborítja finom szemű homokkal vagy iszappal, kezdetét veheti a fosszilizáció. (53. ábra.)

A tapasztaltak alapján vetette fel *Abel* azt a gondolatot, hogy a flis-képződmények egy része fosszilis mangrove-mocsarak üledéke. Az ősmaradványokban egyébként oly szegény, de az ilyen életnyomokban olykor gazdag felső kréta-rétegek az Appeninekben, az Alpokban, a Kárpátokban hasonló körülmények között jöhettek létre.

Az észak-alpi flis-zóna *Inoceramus*-kagylótartalmú rétegeiben például a Bécsi Erdőben vagy a Mondsee mellett Felső Ausztriában, olyan rák-koprolitok vannak, amelyekben sok *Inoceramus*-teknő töredéke látható. *Abel* kubai megfigyelés-soroza-

táig a szakirodalom úgy tudta, hogy az integető rákok iszapot esznek, és az abban található szerves maradványokat emésztik meg. *Abel* közleményei derítettek fényt első ízben ezeknek a rákféléknek a ragadozó voltára, amikor közölte, hogy kagylót is ettek. S ugyancsak ő mutatta ki a párhuzamot a felső kréta homokkő övének kagylót evő rákjaival.

A ráknyomokon kívül igen jellemzők a tengeri férgek U alakú járatainak kitöltései, és az iszapfelszínen nyíló csőlakásokból kitolt vékony homok- vagy iszap-



53. ábra. Féreg járata a nedves tengerparti homokban. A járatban látható az állat, amint végbelén át kis csavart halomba tolja ki ürülékét

kolbászok egymáson tekergődző kupacai. Édesvizek és tengerek partján számos ilyen „homokot evő" féregféle él a trópusokon és a mi éghajlatunk alatt is. Ugyanígy éltek valamennyi földtörténeti korban. Ezek a csövek iszappal kitöltve gyakran meg is maradtak és jelzik, hogy az üledék keletkezése idején milyen üledékképződési és őslénytani, úgynevezett *fácies viszonyok* uralkodtak. (A szakember ugyanis az üledéknek és a beléje zárt ősmaradvány-társaságnak az életkörülményektől és a földtani adottságoktól befolyásolt kifejlődését fáciesnek nevezi.)

Amint a tengerparti öv apály idején szárazzá válik, és az élőlényekre veszélyessé kezd válni a kiszáradás, a férgek lehúzódnak a nedvesen maradó mélyebb iszap- vagy homok-szintbe, s ott várják meg a dagály érkezését.

A Mecsek-hegységből *Fülöp* József írt le tömegesen előforduló rák-koprolitokat krétabeli képződményekből. Féregjáratokat pedig *Káli* Zoltán ismertetett a mecseki liász kőszéntelepek tengerparti képződményeiből.

A tengeri és tengerparti élőlények életnyomainak szinte felsorolhatatlan változatai lehetnek. Nehéz meghatározni őket, mert a ma élő gerinctelenek életnyomairól is vajmi keveset tudunk. Némelyik gyakoribb, szokatlan alakjával figyelmet keltő nyom évszázados irodalmi vitákat indított el. Régente *Problematikum*nak nevezték őket, s akárhányszor nem szégyellték bevallani, hogy eredetükről nem tudunk semmit.

A felső kréta *Inoceramus* tartalmú homokköveiben, márgáiban és paláiban — amint már említettük — némelykor olyan sok életnyomot találni, hogy a szakemberek ezek segítségével tájékozódnak és taglalják az egész hatalmas rétegsort. A problematikumok valóságos vezérkövületekké lépnek elő. 1851-ben *Schafhäutel* bajor geológus *Helminthoidea labyrinthica* néven írt le vitézkötésszerűen sokszorosan csavarodó szalagokat. Ezek is az inoceramus-márgák jellemző és elterjedt vezérkövületei. Eleinte algáknak gondolták őket. Később az olyan nagynevű kutatók, mint Theodor *Fuchs* és Albert *Heim*, őskori csigák rágásnyomaira ismertek bennük. Egyre-másra írták le az új *Helminthoidea*-fajokat. 1924-ben azután R. *Richter*, a Senckenberg Múzeum igazgatója foglalkozott behatóan a *Helminthoideák* kérdésével. Észrevette, hogy a sima kőzetfelületen a szalagok mindig egymástól egyenlő távolságra, párhuzamosan haladnak. Feltételezte, hogy az állatot mozgás közben érintési inger vezette, amit az élő férgeken is tapasztalunk *(thigmotaxis)*, és ezért voltak képesek állandóan párhuzamosan haladni a maguk megelőző vagy társaik meglevő nyomaival (XVII. tábla).

Mint sínpárok haladnak ezek a nyomok egymás mellett. Az állat csak ott tér el tőlük, ahol valamely oknál fogva elveszíti a megelőző szalagnyom vezérlését. Ekkor új nyomrendszert kezd kialakítani, amely érintési érzékénél fogva könnyen beléilleszkedik és kitölti a régibb nyomrendszerek közeit.

Így veszíti el egy évszázadon át csodált problematikum a titokzatos voltát, s *Richter* magyarázata után néhány hónappal *Abel* rábukkan Kuba mangrove-mocsarainak iszapfelületén a hatvan-hetven millió éves nyomok mai mására. Az állat mászás közben hagyta hátra iszapba mélyedő, meanderszalag-szerűen kanyargó nyomait, miközben a homokos iszapot ette.

Pókok és madarak lakomája a borostyánkő-erdőben

Az olvasónak már nem szükséges külön megmagyarázni a Keleti-tenger borostyánkövének eredetét és különleges őslénytani vonatkozásait. A könyv anyagának tárgyalása során több ízben is foglalkoztunk már vele. Most csak annyit említünk meg, hogy a borostyánkőbe zárt leletek közös fő jellemvonása: közvetlen élményszerű megjelenésük, az ősvilági élet titkainak maradék nélküli feltárása, a valóság egyenes tükrözése. Csak az döbben erre rá, aki valaha foglalkozott már ezekkel az ősmaradványokkal.

A borostyánkő eredeti folyékonysága, rendkívüli tárgyhoz-idomuló képessége, megőrző ereje bámulatos. Olyan természetadta „műanyag", amely szinte az idők végtelenségéig képes megóvni az ősvilági élet apró történéseit, cselekményeit, a természet számos megnyilvánulásainak apró részleteit. Tehát nemcsak a tárgyat, annál sokkal többet: a pillanatnyi cselekvés „értelmét" is! Vagyis az élő szervezet biológiailag célszerű cselekvését, mindazt, amit más leletekből detektívmunkával kell kiolvasnunk, — ha lehet.

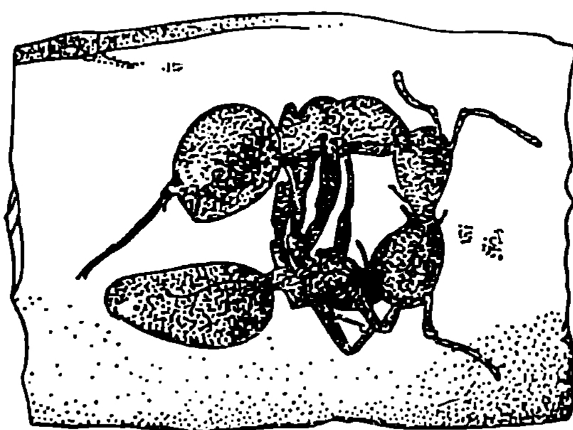
Ahol több mint ötezer rovarfaj megszámlálhatatlan példánya ismeretes, ott feltehetően akad példa a mi számunkra is. *Abel* egyik idős barátja és tanítványa, *Bachofen-Echt* évtizedeken át gyűjtötte a biológiai szempontokból jelentős borostyánkő-zárványokat. Közel nyolcvanéves korában, a második világháború után megjelent könyve valósággal ontja a tudományos anyagot, az eocénben élt rovarok életének adatait. Ezt a kitűnő munkát válasszuk mi is vezetőül. (54. ábra.)

Kezdjük azzal a magától értetődő megállapítással, hogy a nyüzsgő, nagyszámú rovarvilág sok ősmadárnak volt változatos eledele. Akárhány rovarnak a lába vagy

potrohának hátsó része beragadt a gyantába. A többit mintha éles kés vágta volna le. A maradványt azután újból elborította a következő gyantafolyás.

Az éles kést természetesen éles csőr helyettesítette. Valamelyik madár meglátta a gyantába ragadt, vergődő bogarat és lecsípte, amit csőrével megragadhatott belőle. Ezt a foglalkozást egyes madárfajok rendszeresen űzték. Úgy vadásztak a ragadós gyantába kapálódzó rovarokra, mint jóval később a ragadozó madarak a Rancho la Brea aszfalt-mocsaraiba ragadt emlősökre. Átkutatták a fák kérgének repedéseit, az ágak zugait, s olykor-olykor bizony maguk is otthagyták egy-egy tollukat az alattomos gyantán.

A rovarok táplálkozásának is számos példáját őrzi a borostyánkő. Ismerünk közülük élősködőket. Az ősbolhának, a *Palaeopsylla klebsiana*nak a szájrészei már átalakultak a szúrásra és szívásra. Felső ajka nagyon meghosszabbodott, az állkapcsok egyes részeivel szívócsővé alakult. Teste legtöbb jellemző sajátságával a törzsfejlődésnek majdnem olyan magas fokán állott, mint későbbi rokonai. Rovarevő emlősökön élősködött (l. a 26. ábrát).



54. ábra. Az egyik hangya eteti a másikat. Zárvány a borostyánkőben (Bachofen-Echt *nyomán)*

Bachofen-Echt azt mondja, hogy a borostyánkő-erdő rovarvilágának élete azonos módon zajlott le, mint a mai erdők rovarvilágáé. A pókokon kívül a társasan élő hangyákat hozza fel példának. Rendkívüli eseteket említ. *Wassmann* 10 000 borostyánkő hangyát vizsgált meg. Tudnunk kell, hogy ő a legkiválóbb hangyaszakértők egyike volt. Tízezer állat vizsgálata élő hangyákon is nagy teljesítmény, hát még a borostyánkőbe zárt, nem mindig világosan látható és sok ismeretlen trópusi fajjal rokon kihalt hangyák felismerése, meghatározása, rokonsági körének kikutatása és életének vizsgálata. Mindenesetre rendkívüli kitartás, anyaggyűjtő szorgalom kellett hozzá. Hiszen csak élő hangyát valami 3700 fajt ismerünk, s a borostyánkő-erdőből is leírtak eddig körülbelül 144 fajt. A maláji szigetvilágban találtak egy poloskafélét, amelyik erősen szőrös és a szőre váladéktól nedves. A poloska csöndesen ül a bokorban és várja a hangyákat. A váladék csábítja a hangyákat, amelyek tömegesen zarándokolnak a poloskához és nyalogatják a váladékát. A poloska csendesen tűri a dolgot, de időnként meg-megragad egy-egy hangyát, s feltűnés nélkül, „a legnagyobb csendben és óvatossággal" a szájához húzza, s lágy, nedvdús potrohát kiszívja. Az összeesett, üres hangyabőrt pedig egyszerűen az ág vagy bokor alá ejti. Olykor egész kis halom gyűlik össze alatta kiszívott hangyatetemekből. Kevéssel azután, hogy ezt a felfedezést leírták, *Wasmann* a borostyánkőben is rátalált a különös, szőrös poloskafajra, amelynek a maláji szigeteken élő poloskánál valamivel kisebb egyéne volt bezárva, s alatta két halmocska üres, kiszívott hangyatetem feküdt! A nevezetes borostyánkő-poloskát *Proptilocerus dolosus*nak nevezte el. Üssük fel a latin szótárunkat. A *dolosus* álnokot, ravaszt, csalárdot jelent.

Egy másik borostyánkő darabban 15 hangya vett körül egy egész levéltetű „telepet", — tehát már abban az időben is kedvenc nyalánksága volt a tetvek nedve a hangyáknak, s a rovarvilágnak ezek az apró „fejőstehenei" már az eocén időszakban, hosszú évmilliókkal ezelőtt is táplálták váladékukkal a hangyanépet.

A fatörzsön fel és alá vonuló hangya-menetoszlopra is rácsöppent a gyanta. 5 centiméteres borostyánkődarabban 30 hangyából álló „füzér" látható.

Említsük meg a hangyavendég bogarakat is. A borostyánkő tanúsága szerint az eocénben ugyanúgy éltek a hangyák föld alatti bolyaikban, mint ma. Sőt, a hangyabolyban úgynevezett vendégbogarakat is tartottak.

Számos megfigyelés alapján régóta tudjuk, hogy a ma élő hangyavendég bogarat a hangyák tartják, gondozzák, *etetik*, csakhogy a számukra ízes nyalánksághoz, a bogárka „kiizzadott" váladékához jussanak. *Wasmann* vizsgálatai bizonyítják, mint simul ehhez a furcsa életmódhoz az eocéni hangyavendégek teste, csápja és szájberendezése, míg végül mai utódaik másképpen, mint a hangyák által előre elkészített étellel etetett vendégek, meg sem élhetnének. Az ősvilágban egy hangya és egy bizonyos bogárnemzetség között kölcsönös élettani kapcsolat alakult ki; egymásra voltak utalva, együtt, egyszerre alakultak át. Amilyen mértékben előbbre jutott a fejlődés- és átalakulás útján az egyik, olyan mértékben követte ezen az úton a másik. A borostyánkő ugyanannak az ősvilági életfolyamatnak őrzi a kiindulási pontját, amelynek egyenes folytatása ma játszódik le napról napra a hangyabolyban. A két egymásra utalt rovart együtt találták meg ugyanabban a borostyánkő darabban. (55. ábra.)

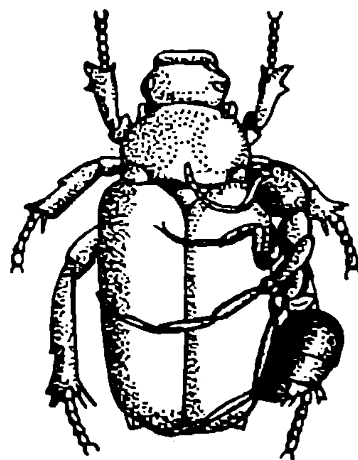
De ha már a hangyákról beszélünk, szóljunk néhány szót a méhekről is. Ma mintegy 12 000 fajukat ismerjük. De a borostyánkőben eddig alig 24 fajuk ismeretes. Bizonyos, hogy jóval kevesebb méh élt tehát a földtörténeti múltban. Ezek a rovarok — úgy látszik — azóta lendültek neki az igazi fejlődésnek. Majdnem mindig egyesével találni őket a borostyánkőben, s csak egyetlen esetben találtak olyan darabot, amelyben egy tucat állat volt. Ezek 4 cm hosszú és ugyanolyan széles darabban voltak szorosan egymás mellett. *Bachofen-Echt* azt hiszi, hogy egy méhrajra csöppent a híg gyanta, amint éppen kiröpülésük után egy ágban megkapaszkodtak, s a raj egy részét zárja magába ez az egyetlen nagy borostyánkő-gyantacsepp.

Azt, hogy a méhek már abban az időben is gyűjtő életmódot folytattak, bizonyítja egy amerikai lelet. Chiapaban, Mexiko déli részén, a guatemalai határhoz közel 1952-ben borostyánkő előfordulásra akadtak, amely a hírek szerint megközelíti a keleti-tengeri előfordulást, legalábbis nagymértékben felülmúlja az Indiában, Romániában, Olaszországban és másutt talált borostyánkő előfordulásokat. A San Franciscó-i Berkeley Egyetem tropikus állatföldrajzi intézete vizsgálta meg az első rovarzárványos borostyánköveket. Ezekben találtak egy méhet, amelynek hátsó lábán teljes épségben megmaradt a jól fejlett virágporgyűjtő kosár.

Beszédes és bizonyító erejű példák ezek. De van több is. A borostyánkő-világ pókjai is megérdemlik, hogy foglalkozzunk velük. Az ő csodálatra méltó életük is százféle alakban tárul elénk.

Kezespókok, ugrópókok, farkaspókok és a hosszú rágócsápú őspókok *(Archaeák)* változatos sokasága élt a borostyánkő-erdőben. Hálót szövő és szabadon vadászó fajok. Az egyik lassan settenkedett áldozata felé a félig megkeményedett gyantán, amikor újabb gyantafolyás beborította. Más darabban közös börtönben látható a pók a léggyel, megint más darabban potrohán megragadott hangyát tart a pók az állkapcsában.

Érdekesek a pókháló-maradványok is. Pókjaink ősei az eocénben is művészi hálókat szőttek. A takács-



55. ábra. Hangya (Formica integra) *egy bogár* (Cremastocheilus castanea) *trichomáit nyalogatja* (Soós—Dudich *nyomán)*

mesterség különböző ágazataira már különböző pók-csoportok specializálódtak. A törpepókok látszólag rendkívül egyszerű hálót szőnek, és a hálóba tévedt rovart úgy kaparintják meg, hogy utolsó pár lábukkal laza hálót borítanak rá. A borostyánkőben megmaradt háló semmiben sem különbözik az élő törpepókok hálóitól.

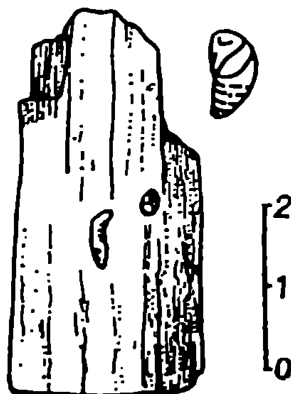
Gyakoriak a küllőshálók darabjai is. Ilyet sző ma a keresztespók. Ezeknek az állatoknak az ősvilági hálói is minden részletükben, szövésük legfejlettebb fogásaiban is egyeznek ma élő rokonaik hálóival. Ezek a pókok az elfogyasztott zsákmány maradékát kivetik hálójukból. Ha többet fogtak, mint amennyit nyomban kiszívhatnak, körülhálózzák és valóságos apró csomagokat készítenek belőlük. Ugyanilyen hálószövettel fonják be veszedelmes ellenfeleiket, amelyektől félnek, s másként nem tudnak tőlük szabadulni. Ezek a csomagok és a hálóból kiszórt hulladék ott láthatók a borostyánkőbe zárt hálók mellett. Nagy nagyítással azokat a finom cseppecskéket is észrevehetjük, amelyeknek ragadós anyaga sokáig nem keményedik meg a hálószálakon, és egyenletesen eloszolva a rovarok szárnyát a hálóhoz rögzíti.

Amikor a gyanta megkeményedett, mert árnyékba került, a rovartetemeket megrohanták a hullarabló rovarok és a pondrók. A nagyobb, keményebb szárnyú állatokból csak a lágy részeket ették ki, a kemény kitin szárnyfedőket és az összerágott tort otthagyták.

Az újságírás emberi életünk napi eseményeit rögzíti cikkeiben. *Bachofen-Echt* könyve a borostyánkő-erdő napi eseményeit rögzítette képekben és leírásokban. Mi az utolsó, befejező szó jogán hadd emlékezzünk meg még egy magyarországi leletről, amely ugyan nem borostyánkőből származik, de mint ősmaradvány oly jó állapotban került a szakember kezébe, hogy az tanulmánya teljes ideje alatt sem tudott végképp meggyőződni arról, hogy kihalt állattal vagy élő állat maradványával van-e dolga?

Ivadékgondozás és táplálékgyűjtés a szentgáli miocén-erdőben

Veszprém megyében, Szentgálon lignitet bányásznak. A lignit megőrízte fás szerkezetét, s alig lignitesedett fenyőfa törzsek vannak benne. Az egyik ilyen törzsben *Vitális* Sándor egyetemi tanár tanítványaival 4—6 mm átmérőjű, hosszú fúrt járatokat talált. A járatokba bögölyfélék és zengőlegyek testrészei, főleg szárnyai, lábai voltak bezsúfolva. Az érdekes leletet *Dudich* Endre egyetemi tanár vizsgálta meg és írta le a Földtani Közlönyben. Megállapította, hogy a „rovargyűjteményt" úgynevezett kaparó darázs hordta egybe. A nősténydarázs járatokat fúrt a korhadó fába, s azokba fullánkjával megbénított vagy megölt rovarokat gyömöszölt. Ezután valamelyik zsákmányul ejtett rovarra rárakta petéjét, majd a bejárati nyílást légmentesen betömte. Az így gondosan egybehordott élelmiszer-



56. ábra. Miocén barnakőszénből szenesült fa. Jól látható benne egy ősormányos bogár (Anthribites rechenbergi Kolbe) *kövesedett bábkamrája. 1888-ból való lelet, Zsipkauból,* (Müller *nyomán)*

raktárban a petéből rövid idő múlva kikelt a lárva és sorra felfalta az odakészített rovarokat. Csak a nehezen rágható kitines részeket, a lábat, szárnyat, tordarabokat hagyta hátra. Bebábozódott. *Dudich* megtalálta a járatban a gubó darabjait. Amikor a bábból darázs fejlődött, keresztülrágta a dugót, s kirepült a szabadba. (56—57. ábra.)

A kaparódarázs ivadékgondozó szokása ma is ugyanez. A lignit miocénkori, tehát néhány évmillió nem változtatott semmit a bögöly- és zengőlégy-táplálékon, sem a darázs bölcsőt készítő életmódján.



57. ábra. A szentgáli miocén (alsó tortonai) barnakőszéntelepben talált lignit (xilit) darab kirágott rovarjáratából kikerült, valószínűleg egy kaparódarázs rágcsálékából származó rovarmaradványok (Dudich *Endre nyomán)*

MOZGÓ ŐSÁLLATOK NYOMAI

Az ősélettudomány életnyomokkal foglalkozó ágának legnagyobb fejezete ez. Az egysejtű állat mozgásának nyoma éppen úgy megmaradhatott, illetőleg fosszilizálódhatott, mint a legmagasabb fejlődési fokon álló gerinces állatoké. Az egysejtű lény megtámadott egy másik egysejtűt, nála sokszorta nagyobb mészházas *Foraminiferát* s utat, jobban mondva alagutat hagyott maga után a nagyobb egysejtű kamrákra osztott testében. Tehát *előbbre* mozgott benne, s mozgásának nyoma megmaradt.

Kagylónak, csigának, féregnek, rovarnak, ráknak, általában a legkülönbözőbb gerinctelen állatok helyváltoztatásának megmaradhatott a nyoma. A lágy testnek, például a csiga széles talpának ugyanúgy, mint a rovar kemény kitinkarmainak vagy a gerinces állat szarupatába burkolt ujjának. Ezzel bizonyára nem mondunk újat, hiszen némi meggondolás után bárki rájöhet erre magától is, ha történetesen életében még sohasem látott volna az út porában vagy sarában különféle állatnyomokat.

Az ős-gerinctelen állatok mozgásnyomai

A gerinctelen állatok közül több, rétegtani és fejlődéstani szempontból fontos, nagy és jelentős állat-csoportnak, például a férgeknek, a rákoknak, a rovaroknak a mászási nyomairól kevés alapvető és kimerítő tanulmányunk van, noha elszórt adatok és feljegyzések tömegesen szerepelnek az irodalomban. Valljuk be, a bizonytalanság meglehetősen nagy, mert jóformán semmit sem tudunk a ma élő alakok mozgásnyomairól. Amit tudunk, azt is az őséletbúvároknak köszönhetjük, akik türelmetlenségükben és tehetetlenségükben — nem várva a zoológusok munkájára, — maguk szereltek fel tengerkutató állomásokat és kezdték meg a tenger állatvilágának nyomait tanulmányozni. Elöl járt ezen a téren a német Senckenberg Museum, Rudolf *Richter*rel az élen.

A gerinctelen állatoknak a nyomairól pedig sokat kérdezhetnének a paleontológusok, hiszen férgek vagy rákok mászásnyomaival gyakran telve vannak a prekambrium és kambrium őspalái, s az élet ősi, mondhatnánk titokzatos első emlékei közé tartoznak. Egy végtelenül dús tengeri féreg- és rák-élet idézői, gyakran olyan rétegekben, ahol jobban meghatározható szerves maradványok alig fordulnak elő.

Azt, hogy a sok bizonytalanság miképpen oldható fel, hogyan lehet a gátló mellékrészletektől szabadulni és a megfigyelések valamennyi fontos mozzanatát az egyetlen lehetséges megoldás felé terelni, O. *Schmidtgen*, a mainzi múzeum kiváló paleontológus igazgatója bizonyította be. 1926 őszén a Rajna mellett, Nierstein

közelében, perm időszaki vörös homokkőből ezerszámra kerültek elő különböző kicsiny nyomok. Később kiderült róluk, hogy legtöbbjük bogaraktól származik. A mainzi Természettudományi Múzeumba szekérderékszámra szállították be ezeket a kőlapokat vizsgálatra.

A vörös homokkő szárazföldi képződmény. Hasonló körülmények között jött létre, mint amilyen viszonyok uralkodnak ma az ázsiai magasfelföld homoksivatagaiban. A rajnai terület egy részét a permben *Schmidtgen* szerint néhány milliméteres víz borította, más helyen éppen csak nedves volt a homok, megint más helyen különböző mélységű víz állott nagy tócsákban. Mások voltak a nyomok a száraz területen, mások a nedves részeken, s megint mások ott, ahol víz állott hosszabb-rövidebb ideig. De változtak az ugyanazon fajhoz tartozó, de testnagyságban különböző példányok nyomai is.

A változó kövesedési feltételek és egyéni méretek ellenére tökéletes biztonsággal ki lehetett válogatni a sok ezer példány közül az egy fajhoz tartozó állatok nyomait. Ezeknek az állatoknak hat lábuk volt.

Az egyik, különösen szép nyomtípusból *Schmidtgen* megállapította, hogy az állat a hátsó lábát futás közben maga után húzta az iszapon, s ez hosszúkás vonás alakjában jelentkezik. Előtte, a nyom külső részén látható a középső láb, belső részén az első láb nyoma. A nyom tökéletesen hasonló a nedves iszapon futó csíbor *(Dytiscus marginalis)* nyomához, anélkül természetesen, hogy a perm időszaki és a ma élő bogár között rokonságot tételeznénk fel.

Ez egy példa a sok közül. Mindenesetre érdekes példa, és *Schmidtgen* valóban sok mindent olvasott ki a soha, sehol másutt ilyen nagy tömegben nem észlelt szárazföldi bogárnyomokból. A nyomok között voltak a sáska nyomához hasonlók, mások a svábbogár nyomával egyeztek. Mind a két rovar lenyomatok alakjában előfordul már a permi képződményekben. Egy helyen vízmosta árokszerű mélyedés húzódott, amelybe a rovarok futás közben belecsúsztak. Itt a nyomok egymáson keresztülkasul taposva, a felismerhetetlenségig zsúfolva vonultak. Több mint 20 bogárnak, általában rovarnak, köztük lárváiknak a nyomait különböztette meg.

Ezekkel a leletekkel kapcsolatosan egyéb érdekes események emlékét is idézi. Az egyik feltárt kőzetlapon gyík nagyságú őshüllő nyomai követik a svábbogárszerű ősrovar „csapáját". Pontosan azon a helyen, ahol az őshüllőnyom eléri a bogár nyomát, megtörtént a „tragédia", megszűnt a bogárnyom.

Most szeretnénk bemutatni az olvasónak egy másik példát — ugyancsak a gerinctelenek nagy csoportjából, a puhatestűek: a csigák illetve kagylók mászásnyomait.

A kagyló példája a kevésbé bonyolult. Tudjuk, hogy ezek az állatok sincsenek mozdulatlanságra kárhoztatva, és az úszás, illetve a vízfenekén való továbbvonulás egyes csoportok egyéneinek rendes „napi elfoglaltságai" közé tartozik. A solnhofeni jura tenger lagunájának iszapján mászott tovább egy kagyló, valószínűleg a tűző napon, a kiszáradás veszélye elől menekülve. Az iszap már szikkadóban volt, víz nem borította, s a kagyló után húzódó vonszolási árok kitűnően megmaradt. A nyom végén megtaláljuk a kagylót is, kinyílt teknőkkel, ami jelzi az állat pusztulását. A szárazföld felől érkező szél finom korallhomokkal borította be a nyomot és a kagylót, s a fosszilizálódás tökéletes lett.

A kagylóval ellentétben a csigáról már mindenki tudja, hogy mászik. Mégpedig — a közhiedelem szerint — igen lassan. Vannak azonban rendkívül gyorsan mászó csigafajok is; ezek széles és mély nyomot hagynak hátra a tengerpart fövenyén. *Abel* dél-afrikai útján 1929-ben, Port Elisabeth mellett, az Algoa-öbölben és másutt megfigyelte a *Bullia rhodostoma* nevű dögevő tengeri csigát. Az öt centiméter hosszú, tornyos házú csiga tömegesen élt a lapos tengerpart vizében. A csiga teljesen vak,

ami magában véve is jelzi, hogy az állat élete nagyobbik részét a tengerfenék homokjába beásva tölti.

A *Bullia* (akárcsak egy másik dögevő csiga, a *Nassa*) kitűnően fejlett szaglóérzékével nyomban tudomást szerez a közelébe kerülő tetemekről, például a hullámveréstől partra sodort óriási medúzákról, amelyek *Abel* megfigyelése szerint százával, ezrével hevertek a fövenyen. Ilyenkor nyomban felmerül a homokból társaival együtt, és ráveti magát a nagy, gyakran egy méter átmérőjű medúza kocsonyás tömegére, s pillanatok alatt befurakodik a belsejébe.

Nem véletlenül használtam a *ráveti* szót. *Abel* mérései alapján tudjuk, hogy másodpercenként 14—15 mm-t halad az állat. Ilyenkor lepedőszerűen szétterülő széles talpával teljesen ráfekszik a homokra. A talp természetesen széles nyomot hagy maga után. A rövid útszakasz, amely a homokból való felbukkanástól a zsákmányig vezet, rendszerint két méteres körzetben fekszik, mert úgy látszik, ez a határa a csiga szagérző képességének. Ilyenkor mindig a vízvonal közvetlen közelébe eső nedves homok-öv a tartozkodási helye.

A nyomok gyakran kacskaringósak vagy hurkokat írnak le. A csiga a homokban alámerülve is tovább furakodik, és rendszerint a felszíni nyommal ellentétes irányban halad.

Amikor *Abel* ezeket a megfigyeléseit — amelyekhez hasonlóakat más csiganemzetségeken mások is észleltek már — a nyilvánosságra hozta, nyomban ráterelődött a szakemberek figyelme egy sereg azonos körülmények között létrejött, ugyanilyen alakú ősvilági nyomra. Legjellemzőbbek a Bécsi-erdő *flis*ének eocén-homokkövéből általánosan ismert nyomok. Ezek eredetét eleinte (még a múlt század közepén) szellemes és vonzó föltevések sokaságával igyekeztek megmagyarázni. Neves szakemberek, mint például *Hauer*, férgek mászási nyomainak tartották. Mivel azonban a szakemberek nagy többsége a nyomokat létrehozó állatban nem tudott megegyezni, elnevezték a nyomokat *Hieroglifák*nak, s a földtani irodalomban ettől kezdve hieroglifás homokkövek szerepelnek a Bécsi-erdőben. A dél-afrikai megfigyelés élő példát állított az előtérbe. A paleontológusok és geológusok ekkorra már egy sereg különböző nemzetségbe (*Nemertilites*, *Nereites*, *Gyrochorda*, *Phyllochorda*, *Subphyllochorda* stb.) sorolták az innét leírt nyomfajok egész tömegét, és a tájékozódás hovatovább végképp lehetetlenné vált.

A *Bullia*-nyom nem egyszerű, sima szalag a nedves homokon. A csiga talpának ritmikus összehúzódása, majd ismételt kinyújtása következtében a nyom hullámos és nem sima felületű. A talp két szegélye pedig szegélyezi a szalagszerűen húzódó nyom két oldalát. Ezenkívül a nyom közepébe mélyebb barázdát vont a talp hátsó részének szarvszerű kicsúcsosodása. Érthető tehát, hogy a hullámos, sőt inkább ízelt, féregszerű lenyomatban az első pillanattól kezdve a legtöbben nem csiga-, hanem féregnyomot gyanítottak.

Az ős-gerincesek mozgásnyomai

A paleontológus az ősállat életéről és fejlődéséről alkotott elképzelését állandóan az élő állaton tapasztaltakkal veti össze. A kialakuló vitában részrehajlás nélkül keresi, mint viszonylik egyik a másikhoz, — már amennyire keresni lehet, hiszen ő is ember. Kiélezi az ellentmondást vagy kiemeli a párhuzamokat és megegyezéseket. A lelet ilyenkor gyakran egyik vagy másik tudományos felfogás átmeneti állomásává változik. Némelykor azután megdöbbentően újszerű álláspont lesz a győztes, és

mindannyian azt mondjuk: micsoda nagyszerű éleslátás a megfigyelésben! S azt hisszük, hogy a lehető legtárgyilagosabbak vagyunk.

Valahogy ilyenformán igyekszünk kifejezni véleményünket a bemutatott *Bullia*-nyom példájáról és a most soron következő hal-úszásnyomról. Mert néha „Kolumbusz tojása" az egész. De mennyire szükséges hozzá az a néhány évtizednyi fejlődés a kutatás történetében és az az egy-két szerencsés további lelet vagy eleven példa!

Térjünk vissza újból a már annyiszor emlegetett solnhofeni tenger sekély vízű partmenti lagunáihoz. A világos okkerszínű iszapból idővel, évmilliók alatt a kőnyomatok készítése idején nélkülözhetetlen litográfpala jött létre. S ez, mint már láttuk, rendkívül jó állapotban fosszilizálódott ősmaradványokat tartalmaz.

A múlt század második felében *Winkler*nek olyan lap került a kezébe, amelyen hosszú vonalban egymást követő nyomokat látott. A szokatlan kövületet a haarlemi múzeum folyóiratában ismertette. Megállapította, hogy a nyom a repülő ősgyíknak, a *Rhamphorhynchus*nak a farokvitorlájától származik. A földtani tanítás egyik kiváló mestere, *Walther* később külön tanulmányt írt a leletről, s csatlakozott *Winkler* felfogásához. Tekintélye évtizedekre eldöntötte a kérdést.

Csak 1930-ban vette újra kézbe a márgalapokat *Abel.* Amikor 1928-ban Budapesten járt, feltűnt neki a Nemzeti Múzeumban kiállított példány. Elkérte a müncheni és eichstätti gyűjtemények darabjait is, és a következő évben külön tanulmányban számolt be meglepő eredményeiről. *Abel* fejtegetései mindenesetre elénk varázsolják a jurabeli tenger életének eleven hullámzását. Olyan ősvilági képet örökít meg, amelyet boszorkányos ügyességgel olvasott ki a nyomokból.

Először is az egykori iszapfelületen nyomot hagyó testrész *anatómiájáról* nyilatkozott. Kimutatta, hogy a nyomok halfaroktól és úszóktól származnak, kitűnően látszik rajtuk az úszósugarak lenyomata. Egy másik feltűnő jelenség a nyomokon, hogy két vonalban, csekély távolságra egymástól, egymással párhuzamosan haladnak, ami tévesen arra indította *Walthert*, hogy négylábú állat nyomainak tartsa őket. Az egyik nyomsor kevéssel elmarad a másik mögött, s az egyes nyomok valamivel kisebbek is a másik sor nyomainál. *Abel* bebizonyítja, hogy a két nyomsor két egymás mellett haladó haltól származik. Az egyik hím, a másik — a nagyobb — nőstény volt. Ezek az állatok tehát vagy ikralerakásra úsztak a part felé, vagy — amint majd látni fogjuk — a magyarázatra más lehetőség is kínálkozik.

A párhuzamos nyomokból az is kiolvasható, hogy az egymás mellett haladó halak egyszerre rebbentek meg farkúszójuk pillanatnyi félrecsapásával valami akadálytól.

Abel ezután sorra vette azokat a hal-csontvázakat, amelyek a solnhofeni palában megmaradtak. Ezek között a valóban minden részletükben remekül kövesedett halak között könnyűszerrel ráakadt alakjuknál, méreteiknél és az úszósugarak természetes fekvésénél fogva jól jellemzett őshalra: az *Undina penicillata*ra. Most már a hal és a nyom együttes mesteri tovább-„bonyolításával" kiderítette, hogy a hal azok közé az alakok közé tartozott, amelyek átlós irányba felfelé tartott fejjel úsznak, levegőt pipálva (ún. klinonektonikus testtartással), farkukkal és utolsó hasoldali úszójukkal meg-meg legyintve a vízfenék 23—24 cm mélységben fekvő iszaprétegét.

*Abel*nek munka közben kezébe került *Watson* leírása egy olyan *Undina* lenyomatról, amelynek testüregében, fejjel a farok felé, két kifejlett embrió volt. Az *Undina*-hal nemzetség tehát elevenszülő volt.

Igen ám, de ha elevenszülő, akkor nem követte a hím a nőstényt partfelé tartó ikrázó útjában, hogy a lerakott petéket tejével megtermékenyítse.

Figyeljünk csak, mit mond most erre *Abel.* Vannak halak, például az anyaangolna

(Zoarces viviparus), amelynek nőstényét két vagy több hím kíséri, szorosan testéhez simulva s kétfelől testükkel valósággal „masszírozva", hogy segítségére legyenek a fiatalok világrahozásában. Igy volt ez *Abel* szerint Solnhofenben is. Ez persze feltevés, színes gondolatbuborék. Lehetséges is, nem is. Idáig vezet a két párhuzamosan futó nyom tanulmányozása, de itt már belopakodik a bizalmatlanság ördöge az emberbe, s ösztönösen érezzük a felvetett gondolatok játékos voltát.

Egy másik, meglehetősen nagy solnhofeni palalap *Nopcsa* előtt is feküdt a müncheni múzeumból. Ezen másfajta nyomok voltak, és bizonyosan négylábú állattól származtak. *Nopcsa*, aki kitűnően ismerte a hüllőket, különösebb töprengés nélkül nyomban ráismert a sekély vízben, hol jobb, hol bal oldali végtagjaival evező ősteknős nyomára. Nagy karmok és a talp elhúzott, felülről a lágy iszapra odalegyintett nyomai ezek. Az egyik oldal kevésbé éles, mint a másik, annak jeléül, hogy vagy az iszaptalaj lejtett, vagy az állat úszott kissé ferde helyzetben.

Szárazföldi állatok kövesült lábnyomai

Most hagyjuk ott a lét örök kísérőzenéjének, a tengernek a zúgását, s látogassunk a földtörténeti ókor szárazföldjére. Ott is maradtak ránk ősgerinces mozgásnyomok, mégpedig őskétéltűeknek, őshüllőknek és ősemlősöknek a nyomai — édesvízi, mocsári és sivatagi képződményekben egyaránt.

Amit az őskétéltűeknek és őshüllőknek a nyomairól tudunk, azt első ízben *Nopcsa* Ferenc foglalta könyvbe *Die Familien der Reptilien* című alapvető munkájában, amely 1923-ban, Berlinben jelent meg. Az utolsó fél évszázad egyik legnagyobb szabású és a külföldi irodalomban is talán legtöbbet emlegetett őslénytani munka magyar szerzőtől. *Abel* 1935-ben rá alapítja mindazt, amit a kétéltűek és a hüllők lábnyomairól mond, és az 1959-ben *Schmidt* tollából megjelent összefoglaló mű a négylábú állatok ősvilági nyomairól még mindig *Nopcsa* könyvét tekinti vezérfonalnak. *Nopcsa* elsőízben rendszerezte a földkerekség kétéltűinek és hüllőinek a nyomait a modern összehasonlító anatómia, a fejlődéstan és az alkalmazkodás révén kialakuló kéz- és lábfej alapján.

Vessük fel a kérdést: mi célja lehet ennek? Nos, számos olyan édesvízi vagy kifejezetten szárazföldi képződményt ismerünk, amelyből sok nyom került napvilágra *egyetlen csontmaradvány nélkül*. Megint csak arról van itt szó, amiről könyvünk írása során már oly sok esetben megemlékeztünk. Ezek az életnyomok az állati test legszemélyesebb tanúit, közvetlen részeseit: a csontokat helyettesítik, és mondanivalóik eredetiségében senki nem kételkedhetik. A láb vázáról, a két függesztőövről, vagyis a váll és medence szerkezetéről, a gerincről és a test más jellemző részeinek sajátságairól olyan felvilágosításokat nyújthatnak az állat nyomai, amikről a csontleletek hiánya folytán talán soha nem is fogunk másképp tudomást szerezhetni. Ezt a tudományt *Nopcsa* ősvilági daktiloszkópiának nevezte, s kétségtelen, amilyen romantikusnak látszott az ősvilági lábnyomok kutatása kezdetben, annyira komoly kiegészítést és támogatást nyújt ma a gerincesek fejlődésének modern szellemű tanulmányozásában.

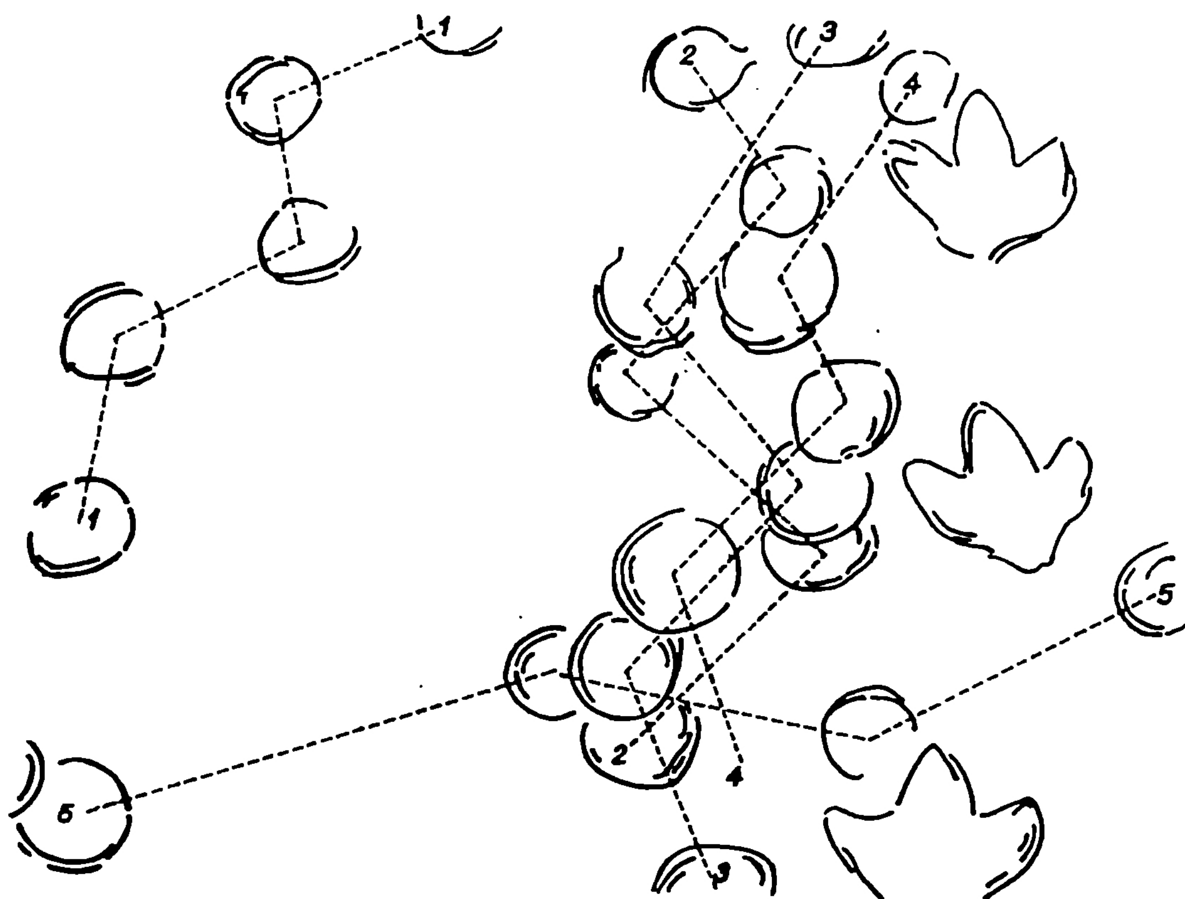
Komoly segítséget nyújt a nyomok tanulmányozása a paleontológusnak a csontvázak felállítása és az állati test rekonstruálása idején. A rosszul elhelyezett, rosszul hajló, hibásan szerteálló vagy a test alá húzott végtagok tökéletesen megváltoztathatják az ábrázolt állat képét, meghamísítják a test egyensúlyát, az egyes részek természetadta arányait. Az ősállati lábnyomok tanulmányozásán az iskolázott



58. ábra. Egyes lelőhelyek szinte vég nélkül ontják a múzeumok gyűjteményei számára az anyagot . . .

szem rögtön látja, hogy az állat talponjáró volt-e vagy ujjhegyen járt, hány ujja érintette a talajt, s egyetlen lépés négy nyomából következtetni tud a test hosszára, a végtagok váltogatásának sorrendjére lépés közben. A legtöbb ősállat-rekonstrukciónak az a hibája, hogy az állatot tánclépésben ábrázolja, vagy teljesen a talpára állítja. Napjaink igen értékes sokoldalú irodalmi tanulmányai alapján *Schmidt* 1959-ben kimondta, hogy a több lépés lábnyomaiból álló jó lelet legalább annyit ér az őslénytan számára, mint egy végtagcsont, csigolya vagy fog. Ezért a fosszilis nyomokat, ha az egyes lábnyomok legalább *kétszer* vannak meg ugyanazon a kőlapon ugyanattól az állattól, a szakemberek elnevezik a nemzetség és a faj nevével... Ugyanúgy, mint a végtagcsont, csigolya vagy fog leírása esetén tennék. Persze, emeli a lelet értékét, ha a nyomot azonosítani lehet az állat csontmaradványaival.

Bizonyára érdekelni fogja az olvasót néhány számadat is. Először talán az, hogy sokkal több őskétéltű-faj nyomát ismerjük a földtörténeti ókorból, mint csontmaradványát. Azután felhívjuk a figyelmet arra, hogy egyes lelőhelyek szinte vég nélkül ontják a múzeumok gyűjteményei számára a vizsgálati anyagot. (58. ábra.) Még két-három évtizeddel ezelőtt is szokás volt amerikai arányokról beszélni. *Baird* 1954-ben 40 000-re becsülte az amerikai felső triász-képződményekből, az ún. Connecticut-homokkőből származó lábnyomos kőlapokat. Ezeknek a nyomoknak az első példányait már 1802-ben ismerték, s *Darwin* is megemlékezett róluk. *Lull* 1953-



59. ábra. Németországban, Birkhausen mellett talált sárkánygyík-lábnyomok

ban 18 nemzetségbe tartozó 47 állatfajt sorol fel a nyomok összefogó tanulmányozása alapján. Negyven lelőhelyről gyűjtötték őket. Egy másik rétegösszletből 51 nemzetség 138 faját írták le!

De nem kevésbé érdekes az, amit a nyomok méreteiről és a nyomok gazdaállatainak lépéshosszáról mond az irodalom. Természetesen a legnagyobb testű állatoknak, például a dinoszauruszoknak volt a legnagyobb nyoma. De mekkora nyoma! Említettük már, hogy Amerikában, Bandera közelében, Texasban a nagytestű növényevő dinoszauruszok népes csapatát kísérték két hátulsó lábukon járó ragadozó dinoszauruszok. Hasonló nyomokat találtak Birkhausen mellett egy kőfejtő falában. Az amerikai lelet a jura időszakból származik, a németországi a krétából. A növényevő dinoszaurusznak ezen a lelőhelyen elefánttalp-szerű kerek

lábnyomai vannak, rövid, széles kerek körmökkel, s a nyomokat itt is a ragadozó dinoszaurusz háromujjú nagy nyomai kísérik. Egy-egy ragadozó lábnyom 40 cm hosszú. A birkhauseni lelőhely ma természetvédelmi terület, s a nyomos kőlap fölé védő tetőt építettek. (59. ábra.)

Brit-Kolumbiában Sternberg 1930-ban a Peace-River partmenti kőzetpadján 400 dinoszaurusz nyomot számlált meg. Ezek a nyomok 46 cm szélesek voltak. Az eddig ismert legnagyobb nyomokat azonban az utahi és koloradói felső kréta képződményekből írta le Peterson 1924-ben. Egy nyom szélessége 79 cm, hossza 76 cm s egyetlen lépés hossza 376 cm, tehát közel négy méter! A kétlábon járó ragadozó dinoszaurusz valószínűleg a *Tyrannosaurus* volt. Az ismert *Tyrannosaurus* csontvázak magassága 5 méter, koponyájuk másfél méter hosszú. A négy métert lépő állat azonban ezeknél is jóval nagyobb lehetett.

A kezesállat

A nyom gazdaállatát kezesállatnak, *Chirotherium*nak nevezték el. Olyan volt a nyom, mint egy kifeszített emberi tenyér. És ötujjú volt, ami szintén lényeges a dologban, hiszen sok tudóst éppen ez vitt tévútra.

Az első *Chirotherium* nyomokat 1824-ben, Angliában találták triász homokkőben, de hogy milyen állatéi lehettek, azt még csak nem is sejtették. Tíz évig annyiban maradt a dolog. 1834-ben *Sickler* azt írta *Blumenbach*nak, kora kitűnő szakemberének, hogy a németországi Hessbergen, Hildburghausen városka mellett a triászkori homokkőben ismeretlen ősállat nagy nyomaira bukkantak. De *Blumenbach* sem tudott mit kezdeni a sajátságos nyomokkal.

A németországi leletet azután egy másik paleontológus, *Kaup* írta le és a nyomokat hátrahagyó állatot elnevezte *Chirotherium*nak, azaz „kezes vadállatnak". Ám azt, hogy valójában milyen volt ez a „vadállat", ő sem tudta. Némi fontolgatás után úgy döntött, hogy nem lehetett más, mint erszényes emlős. Véleményéhez kora legnagyobb földrajzi és természettudományi tekintélye, *Humboldt* is csatlakozott.

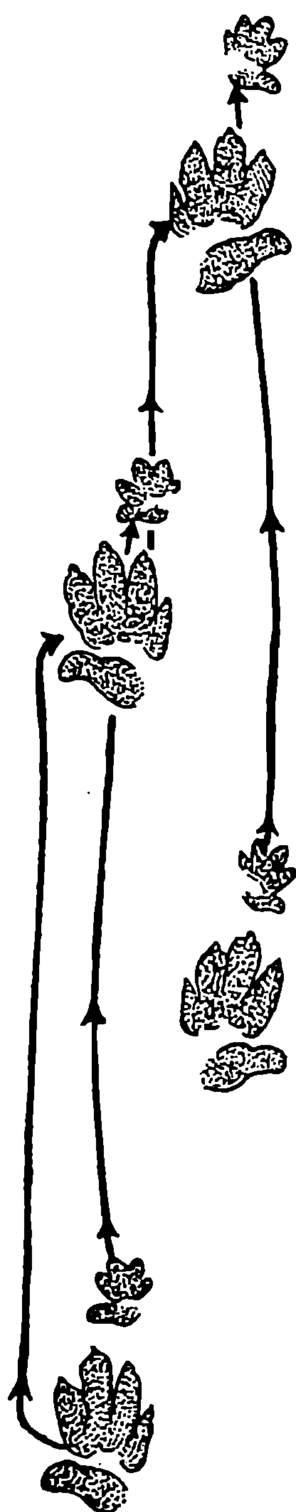
Az érdekes lelet tehát bekerült az irodalomba. Megszólalt két kitűnően képzett kutató, *Bronn* és *Voigt*, majd a németek után az angol *Buckland* és a British Museum világhírű igazgatója, R. *Owen*. 1855-ben véleményt nyilvánított az angol geológia atyja, Charles *Lyell*. Beleavatkozott a vitába a francia földtan büszkesége, *Doubrée*, aki triász időszaki emlősállatok nyomait véli a *Chirotherium* nyomokban felfedezni abban az időben, amikor az egész földtörténeti középkorból — a kutatások akkori állása szerint — nem ismer a tudomány egyetlen emlősállat-maradványt sem.

A lelet óriási port ver fel. *Doubrée* nem marad egyedül véleményével, hiszen *Voigt* 1835-ben egy gigantikus ősmajom *(Palaeopithecus)* tenyérnyomainak, *Kaup* és *Blumenbach* — *Humboldt*tal együtt — kenguru nyomoknak tartotta azokat.

Nyilvánvaló, hogy ekkor a nyomok igazi tanulmányozásának még nincs itt az ideje. A nyom alakja, jobban mondva *körvonala* az egyedül döntő. A bonctani bélyegek felismerése és helyes értékelése, az egyes állattípusok nyomainak egybevetése még ismeretlen lehetőségek. A ember megszédül, ha a megindult irodalmi lavinát olvassa.

A bajt tetézi, hogy valamennyi múzeum, egyetemi és városi gyűjtemény vagy magános gyűjtő versengve hordja rakásra a szebbnél szebb lábnyomos homokkőlapokat, és a tudósok szó szerint az íróasztalukon tanulmányozzák a kereskedőktől megvásárolt „árut", a több-kevesebb nyomot tartalmazó példányokat vagy az egyetlen nyomból álló „ritkaságokat". A kor felfogásának megfelelően ezek a lelettöredékek,

az egészből kiszakított torz darabok, a szép négyszögletesre körülfaragott múzeumi példányok állanak az érdeklődés középpontjában, és csak nagysokára kezdenek rájönni a szakemberek arra, hogy a helyszíni vizsgálat mérhetetlenül többet nyújt és olyan kérdésekre is válaszol, amire a gyűjteménytárgyak vizsgálata közben gondolni sem lehet. Elgondolkoztató ez a dolog. Mit is lehet leolvasni egyetlen nyomról vagy az egy lépéshez tartozó négy lábnyomról? Az ujjak és az ujjperecek számát, a lábfej méreteit, alakját. Néhol megmaradt a rücskös bőr lenyomata. Az ujjak végén karmok voltak, s a nagy karmok ragadozó állatra vallanak. A hátulsó lábnak kétszer akkora a nyoma, mint az elülsőé. A hátsó láb tehát jóval nagyobb volt, mint a mellső, ami az állatnak bizonyos kenguruszerű alakot kölcsönöz. Ha nagy a homokkőlap és az egymást követő nyomokból az állat lépésének teljes hossza lemérhető, akkor következtetni lehet az állat nagyságára (60. ábra).



60. ábra. A kezesállat (Chirotherium) *lépése*

Ezzel szemben, ha a *helyszínen* nézünk körül, akkor a kőzetek tanúsítják, hogy a terület a triászban fátlan és homokos. Ha a nyomok nemcsak egyetlen homokkőrétegben fordulnak elő — az állatok évszázadokon át jöttek-mentek. Ha a nyomok túlnyomó része egy irányba tart, akkor az állatok így csak keresztül haladtak valamilyen távolabbi cél felé. Olykor eső verte a kiszáradt talaj felszínét, s az esőcseppek „megkövesedett" nyomai is megmaradtak. Másutt a talaj annyira felázott, hogy az elvonuló zápor után, a tűző napon hirtelen kiszáradva, mély repedések szántották keresztül-kasul... A *Chirotherium*ok eső után vonultak erre, mert mindenütt széttaposták az esőcseppek nyomait és a talajrepedéseket...

Nyilvánvaló, hogy a sivár homokterületen az állatok nem éltek huzamosabb ideig, hanem csak időnként keresték fel, hogy tojásaikat a homokba kaparva kiköltésüket a nap melegére bízzák. Ugyanígy költetik ki tojásaikat a nap melegével a ma élő gyíkok, kígyók és teknősök.

Az elmondottak némiképpen megvilágítják, miért észszerű a helyszínen tanulmányozni az ilyen leleteket. Tegyük hozzá, hogy a szakemberek a helyszínen mért lépések hosszából nemcsak az állat testének a hosszát számították ki, hanem következtethettek végtagjainak a hosszára is. Megvizsgálták a végtagok egymásközti anatómiai arányát, a vállöv és a medence állását, a gerincoszlop görbületét és lefutását, a testet lépés közben egyensúlyozó nyak és farok feltehető hosszát, s végül a fej tömegének elhelyezkedését és nagyságát. Egyszóval a hüllőtest egymással harmóniában levő részeinek mozgás-mechanikája alapján főbb vonásaiban „megszerkesztették" az ismeretlen állati testet. Pedig az állatnak egyetlen csontját sem találták meg a homokkővidéken.

A századforduló után egyre többen sárkánygyíknak, *Dinosaurus*nak tartották a *Chirotherium*ot. *Walter*, *Abel*,

majd *Nopcsa* igyekeznek ezt bizonyítani. A *Chirotherium* nyomait ekkorra már ismerik Anglián és Németországon kívül Franciaország, Spanyolország, Észak-Afrika és Amerika területéről. Sőt a szakemberek több faját különböztetik meg.

1925 június közepén megjelent egy könyv Jénában a jól ismert német paleontológus, Wolfgang *Soergel* neve alatt. A címe: *A chirotheridák nyomai.* A teljes évszázad óta vitatott tárgy — hiszen az első *Chirotherium* nyomot, amint említettük, 1824-ben találták — magában véve is érdekesnek ígérkezett. A száz év alatt mindvégig ködös eredet tisztázása a könyv olvasója előtt végre lapról lapra bizonyosabbá vált. *Soergel* igen sokat dolgozott. Nem ez volt az egyedüli könyve. De ma, a könyv megjelenése óta eltelt újabb negyedszázad után nyilvánvaló, hogy ez lett élete fő műve. Elismerésünket és csodálatunkat a könyv ma is változatlanul kiérdemli, ez az oknyomozó és bizonyító természettudomány mesterműve. A nyomokból, amelyekkel eddig Európa és Amerika legjobb szakemberei — századunk küszöbén innen és túl — nem tudtak mit kezdeni, szemünk elé varázsolja, számításokkal valószerűsíti az egész állatot, találóan jellemzi életmódját, míg végül szoborba mintázza alakját. Szakemberek előadásaikban, egyetemi tanárok katedrájukon hosszú évek múlva is példaként idézik a fiatalabbak előtt.

A századfordulót követő két évtized irodalmában, amint mondottuk, *Abel, Watson, Walther, Nopcsa* a *Chirotherium* nyomok hüllő eredete mellett foglaltak állást, visszatérve *Lortet* 1892-ben hangoztatott nézetéhez, aki az állatot dinoszaurusznak tartotta. Ezzel szemben az egész világon leginkább elterjedt őslénytani kézikönyv és egyetemi tankönyv, *Zittel* óriási tekintélyt sugárzó munkájának új, átdolgozott kiadása a nyomokat kétéltűektől származtatta.

Soergel először is a nyomok eredetének eldöntéséhez fogott. Megszüntette azt a ködös, bizonytalan hangulatot, amely az egész témát körüllengte. Tisztázta, hogy a kéz és lábfej ötujjú volt. Ezt pedig úgy szemléltette, hogy az egyik kitűnően megmaradt lábnyomon az ujjakat és az ujjperceket fehér festékkel jelölte meg. A lábujjak ujjperceinek jól szembeötlő lenyomatával a következő ujjperc-formulát állapította meg:

első	második	harmadik	negyedik	ötödik	ujj
2	3	4	5	2—3	ujjperc

Az ujjpercek száma jelezte, hogy az állatnak a mászva haladó kétéltűektől kellett származnia, mert csak a csúszómászó kétéltűekre vagy az egyenesen ezektől származó állatokra, például a dinoszauruszokra vagy madarakra jellemző az egyes ujjak ujjperceinek olyan számaránya, amint azt *Soergel* a *Chirotherium* nyomokon ebben a táblázatban kimutatta. Másként alakul ugyanis az ujjpercek száma például a krokodilusokon, a teknősökön, a *Theriodontida* őshüllőkön vagy az emlősökön. Az eltérés szemléltetésére ezeknek az állatoknak az ujjperc-képletét is közöljük:

első	második	harmadik	negyedik	ötödik	ujj
2	3	3	3	3	ujjperc.

Az ujjpercek száma tehát már bizonyos irányba igazít bennünket, amikor a *Chirotherium* rendszertani helyét keressük.

Most menjünk tovább egy lépéssel. *Soergel* megvizsgálta az ujjak hosszát is. Tudjuk, hogy a kétéltűeken, tehát a mászva haladó állatokon a negyedik ujj a leghosszabb és a legerősebb. A *Chirotherium*on viszont a harmadik ujj a leghosszabb, tehát ez vette át a nagyujj szerepét. Ez a változás a törzsfejlődés folyamán alakult ki, amikor a *Chirotherium* áttért a csúszva haladó mozgásról a négylábon járásra. Ez már határozottan hüllő jelleg.

Ezután *Soergel* a jobb és bal oldali végtagok járás közben megfigyelhető váltakozásából arra a további következtetésre jutott, hogy az állat nem ugorva mozgott·

Kivételes esetekben, amikor a nyomok finomszemű nedves homokba mélyedtek be, kitűnően megmaradt a talp vastag, szaruhámmal borított rücskös bőrének hüllőbőrszerű lenyomata. Ilyen bőrfelület kétéltű állaton nem fordul elő.

A *Chirotherium* hüllő volta mellett bizonyítanak az elülső és hátsó láb ujjainak hatalmas karmai is, Ezeknek lenyomata szembeötlő a lábnyomokon. Egyes *Chirotherium*-fajok ujjhosszának egyharmadára, az elülső ujj hosszának pedig a felére tehető a karom hossza. A ma élő kétéltűek közül egyedül a japáni karmos szalamandra és az afrikai karmosbéka lábának három belső ujján találunk karmokat. A kihalt őskétéltűek (pl. *Stegochephala)* között egyetlen karmos lábat vagy láblenyomatot sem ismerünk.

Ezek minden esetre meggyőző bizonyítékok voltak, s mind a mai napig eldöntötték a *Chirotherium* nyomok hüllő eredetét.

A helyszínen és nagyobb kőlapokon *Soergel* az állat lépésének módját is tanulmányozta. Röviden így jellemezhetjük a *Chirotherium* járását: lép a bal elülső láb és vele egy időben a jobb hátsó láb, azután lép a jobb elülső láb és vele egyszerre a bal hátsó láb.

1905-ben *Dollo* a kenguru sárkánygyíkok, az *Iguanodon*ok lábnyomait vizsgálva pontosan meg tudta határozni, melyik a lassan lépegető, melyik a futó, és melyik az egy helyben nyugodtan álló állat nyoma. *Soergel* hasonló következtetésekre jutott. Ha az állat lassan mozgott, — talpának és ujjainak elülső, középső és hátsó részei egyenletesen, egyforma mélyen süppedtek a talajba. Ha az állat futott, akkor a nyom elülső része jobban a talajba mélyedt a többinél. Vágtatásnál csak az ujjak hegye és a karmok mélyedtek a talajba, a talp hátsó része jóformán nem érintette a földet. Gyors futás közben az elülső végtag nyoma egyáltalán elmaradt, mert az elülső, kicsiny láb nem is érintette a földet, s ez egymagában is arra utal, hogy a *Chirotherium* mozgása már átmenetet képvisel a négylábon járástól a kétlábon járás felé.

Az elmondottakból az következik, hogy a test súlypontja lépés közben kevéssel a térd mögé esett. Az elülső és a hátsó végtag megterhelésének aránya 1 : 5,8. Márpedig a hátsó végtag ilyen nagyfokú terhelése csak úgy lehetséges, ha a test egyensúlyát szükségképpen egy hosszabb farok tartja fenn. De mert a homoktalajon a lábnyomok között a farok nyoma nem látható, következésképpen a farok nem volt olyan hosszú, hogy a földet érintse.

Számos kétlábon járó dinoszaurusznak ismerjük a vázát, amelyen a farok teljes hosszában megmaradt, s tudjuk, hogy mozgás közben a farok ezeken is a levegőbe emelt egyensúlyozószerv volt. Csak amikor egy helyben állott a dinoszaurusz, akkor érintette a farok a földet és akkor maradt meg nyoma a talajon.

A továbbiak során *Soergel* az egy lépéshez tartozó négy nyom egymásközti arányából kiszámította az elülső és a hátsó végtagok, az alkar- és felkarcsont, valamint a lábszár- és a combcsont egymásközti arányát. A kar mindenesetre rövidebb volt a lábnál. Amikor mindezzel tisztában volt, akkor megvizsgálta, hogy a tenyérszerűen szétterülő, széles nyomok külső és belső szegélye milyen mértékben mélyedt a talajba, s rájött, hogy a talp külső szegélye jobban besüppedt, tehát a láb kifelé gyakorolt nagyobb nyomást a talpfelületre. Az egyes ujjnyomok mélyedéseinek külső fala is meredekebb a belső falnál. Ezen az úton elindulva, megfigyelést megfigyeléshez, következtetést következtetéshez fűzve *Soergel* szemléletesen állítja elénk, mint mozgatta lépés közben az állat a lábát, és hogyan hajolt állás közben kissé előre és kifelé a térd, mint húzódott a sarok a test alá.

Mondottuk, hogy az elülső végtag megterhelése jóval kisebb volt a hátsóénál. Ezért a nyaknak is rövidnek, a fejnek aránylag kicsinynek kellett lennie. A nyak

és a fej együtt alig érhették el a törzs hosszát. *Soergel* kiszámította, hogy a *Chirotherium* teljes hossza átlagosan 4 m lehetett, amiből 95 cm a test hossza és 2 m a farok hossza, a többi a fejre és a nyakra esett. A kar 54 cm, a láb 120 cm hosszú. De akadt 7—8 m-es nagy faj is, a legkisebb pedig alig érte el a másfél métert.

Soergel vizsgálatai egyébként még számos, itt fel nem sorolható részletre is fényt derítettek. Munkájának egyik legérdekesebb eredménye, hogy megmintázta az „ismeretlen" *Chirotherium* szobrát. A könyv megjelenése óta eltelt majdnem négy évtized ezen a rekonstrukción lényegesen nem változtatott.

Soergel vizsgálatainak utolsó lépéseként a *Pseudosuchia* őshüllő-törzset jelölte meg mint olyant, ahol az állat rendszertani helyét keresnünk kell. S ezt 1950-ben, *Schmidt* összefoglaló művében éppen úgy elfogadta, mint 1948-ban *Peabody* a hatalmas észak- és dél-amerikai *Chirotherium*-anyag feldolgozása kapcsán. A *Pseudosuchia*-nak számos csontvázát, végtagjai teljes épségben megmaradt összefüggő vázát ismerjük. Ezek pedig remekül beillenek a *Chirotherium*-nyomokba, sőt bonctani sajátságaik apró részletekig megegyeznek a nyomok vizsgálatából megszerkesztett *Chirotherium*-láb anatómiájával.

A rejtélyes *Chirotherium*-nyomok keletkezésének regénye tehát *Soergel* könyvével véget ért, mégpedig olyan jól, hogy a későbbi évek sem húztak ki belőle részleteket.

Lábnyomok Ipolytarnócon

Az olyan nagyobb igényű népszerűsítő munkában, amit most teszünk az olvasó asztalára, általában nem szokásos verset idézni. Mégis, az elítélést is megkockáztatva, *Horatius* négy sorára emlékeztetünk az *Ódák* harmadik könyvéből. *Kosztolányi* Dezső szólaltatja meg hazai nyelven egyik költői levelében, amelyet a „kedves és dicső költőtárs" születésének 2000. évfordulójára írt üdvözletül.

Emléket hagyok itt, mely ércénél maradóbb...
éhes záporeső, bamba-dühös vihar
el nem döntheti ezt, állja a végtelen
évek hosszú sorát és a rohanó időt.

Az irodalmi remekművecske az „el nem múlás" gondolatát idézi 2000 év távlatából. Mi mindannyian könyvünkben évmilliók tovatűnéséről beszélünk, s az idő múlását olyan természeti tárgyakon, élőlények maradványain mérjük le, amelyek a maguk módján hatványozottan megerősítik és idézik a horatiusi gondolatot.

Sok mindenre felhívtuk a figyelmet, ami „állja a végtelen évek hosszú sorát", s illő befejezésül az ősidők távoli gomolygásából egy szívünkhöz nőtt magyar példát választunk ki.

A századforduló idején *Böckh* Hugó, selmecbányai akadémiai tanár, tanítványaival az Ipoly völgyében, Ipolytarnóc határában járt. Megtekintették azt a kövesült fenyőfatörzset, amelyet a múlt század derekán találtak miocén vulkáni tufában az egyik vízmosás alján. A 30 méter hosszú, kővé vált, opálosodott és kalcedonosodott fatörzs fölé valamikor boltozatot építettek, hogy megóvják a teljes pusztulástól. Eredetileg 1837-ben, amidőn *Kubinyi* első ízben hírt adott róla, a fatörzs 46 m hosszú volt. Ilyen magas fenyőfajok ma is élnek Amerikában, sőt a Sierra Nevada völgyeiben élő mammutfenyők magassága eléri a 100 métert, míg a törzsük átmérője 2—3 méter között váltakozik. Szakemberek véleménye szerint az ipolytarnóci fenyő-

óriás élve 56 méter magas lehetett, kerülete pedig tövétől mért nyolcadik méter magasságban még mindig 4 méter, ami megfelel 120 centiméter törzsátmérőnek.

Ez az ősfenyő tehát mindenesetre elég érdekes és a maga idejében elég híres volt ahhoz, hogy szakemberek, diákok, sőt turisták is elzarándokoljanak Ipolytarnóc határában a lelet megtekintésére.

Nem messze a kövesedett fatörzs fölé épített boltozattól forrás fakadt. Vize elmosta a száraz erdei avart és letisztította a faóriás alól kinyúló homokkőlapokat is. Ezen a helyen a diáksereg lábnyomokat fedezett fel. A nyomok a kemény, részben elkovásodott homokkőbe mélyedtek, s a miocén elején, 25—30 millió évvel ezelőtt keletkeztek, amikor még a homokkő nedves, laza homok volt. Az utolsó fél évszázad egyik legérdekesebb hazai őslénytani fölfedezése ez, amit elsősorban a rendkívüli méretű kövesedett fenyőfatörzsnek köszönhetünk.

A Magyar Földtani Intézet igazgatója, a selmecbányai tanár, *Böckh* Hugó édesapja nyomban a felfedezés után embereivel a helyszínre sietett és egy 6 m^2-es lapot kiemeltetett és Budapestre, a Földtani Intézet múzeumába szállíttatott. A leletet egyébként sorsára hagyták, és senki nem ébredt tudatára, hogy őslénytani világszenzáció vész el Ipolytarnócon.

1928-ban nemzetközi őslénytani kongresszust tartottak Budapesten. A külföldi szakemberek csoportjában volt *Abel*, továbbá a Schenckenberg Múzeum igazgatója, Rudolf *Richter*, akinek a nevét a gerinctelen állatok mozgásnyomainak leírásánál említettük, és még sokan mások, neves paleontológusok. Többen foglalkoztak közülük kihalt állatok kövesedett lábnyomaival. *Noszky* Jenő és *Lambrecht* Kálmán a kongresszus tagjait elvitték Ipolytarnócra, ahol azok elragadtatva szemlélték a nagy területen kiásatott és letisztított lábnyomos homokkőlapokat. Lassú eső szitált, s a nedves kövön, a borús szeptemberi nap súroló fényében az ősvilági térszín legapróbb részletei is kibontakoztak. A helyszíni szemle után a magyar szakemberek unszolására *Abel* elhatározta, hogy tudományosan feldolgozza az ipolytarnóci kövesedett lábnyomokat.

A kezdeti munkálatok megindultak. A terület egy részéről a Földtani Intézet akkori igazgatója, *Nopcsa* Ferenc a helyszínen gipszöntvényt készíttetett, és annak egy példányát Bécsbe küldte, *Abel* intézetébe. A helyszínén lefolyt vizsgálatok és a kitűnő gipszlevonatok alapján *Abel* 1935-ben megjelent könyvében, a világ minden részéről leírt fosszilis életnyomok között foglalkozik az ipolytarnóci lábnyomokkal is. A hamarosan jelentkező európai politikai feszültség, majd a világháború kitörése meghiúsították az elkezdett kutatások folytatását és befelyezését. *Abel* 1946-ban meghalt. A háború után az Országos Természettvédelmi Tanács természetvédelmi területnek nyilvánította Ipolytarnócot. Most már komolyan nekiláttak a terület teljes átkutatásának és a fél évszázados tudományos adósság törlesztésének.

A Természetvédelmi Tanács több mint 400 m^2 „ősvilági strandot" tárt fel. A terület legmagasabb pontján a miocén elején kicsiny forrás fakadt. Nem volt bővízű, de azért elégséges, hogy a mélyedések homokos talaját nedvesen tartsa, és a lejtőn végigfolyva a legmélyebb helyeken iszapot halmozzon föl. A mozgó víz néhol lapos, széles hullámbarázdákat hagyott hátra másutt a tovaszállított finom homokszemecskékből valóságos ágyat épített magának, szemmel látható jelt hagyva a folyás irányában. Ahol a forrás fakadt és a víz sodra a legerősebb volt, ott kimosta a homok alatt fekvő kavicsréteget, s az öklönyi vagy tyúktojás nagyságú fehér, sárga és vörös kvarckavicsok ma acélkemény konglomerátot alkotnak. Ezen a konglomeráton mint biztos alapon nyugszik a vastag lábnyomos homokkőpad.

A frissen folydogáló vízerecske állandóan mozgásban tartotta a finom kvarchomok szemeket és tisztán tartotta a környéket, amely több méteres körzetben nem

iszaposodott el, nem volt tele rothadó növényi részekkel, nem vált süppedő talajú, bűzlő erdei mocsárrá, ahová már a kényesebb ízlésű állatok nem jártak inni. Mindez tisztán kiolvasható a szennyezés nélküli ősvilági strandból átalakult homokkőből.

A forrás vize a laposabb helyeken sekély, tisztavizű tócsákat alkotott, ahová ős-orrszarvúféle óriásemlősök jártak inni, összevissza taposva a sarat. Régibb elmosódó, és újabb éles peremű nyomok... Ahol szikkadtabb a homok, ott kevésbé látszik a nyom, ahol képlékeny még a sár vagy éppen víz fedi a homokot, ott remekül látszik a durva, szarusodott, szömörcsös bőrrel fedett talp bemélyedése. Az ősvilági orrszarvúfélék lábnyoma tökéletesen megegyezik a ma élő orrszarvú lábnyomával. Már *Abel* is két orrszarvúfaj nyomát különböztette meg. Az egyik valóságos óriás lehetett, mert 28—30 cm átmérőjű nyomai vannak. Néhol a területet úgy összetaposták az állatok, hogy alig találunk jól kivehető, egyedül álló lábnyomot. Másutt magános állat ballagott keresztül a nedves fövenyen; léptei métereken át követhetők, és elárulják az orrszarvú testének hosszát. (XXIV. tábla.)

Az orrszarvú-itatóhely két oldalán ősmadarak lábnyomai láthatók. A nagyobb nyomok legalábbis tyúk nagyságú lépegető madártól származnak. 8—9 nyom egymás után. Az ősmadár-nyomok nem keverednek az orrszarvúakéval, hanem azoktól elkülönítve mintegy „körüljárják" azt a helyet, főként a kiemelkedő, szikkadtabb kupacok tetejét és oldalát.

A terület más részein másfajta, kisebb és nagyobb madárnyomok is láthatók. A miocén időszak elejéről ritkák a madár-maradványok, s ezek a nyomok — többek között — ezért is értékesek.

Másik érdekessége az ipolytarnóci területnek egy ősormányos nyoma. A salgótarjáni barna kőszén-medence agyagos és homokos üledékeiben több ormányosfaj koponyáját, agyarait, fogait és vázrészeit gyűjtötték. *Bartkó* Lajos megfigyelése szerint a miocén elején a salgótarjáni mocsaras barna kőszén-erdőségekben a kistermetű kapafogú ősormányos, a *Prodinotherium hungaricum* tanyázott. Maradványai a barna kőszénösszlet legalsó, agyagos rétegeiben, a szárazföld mocsaras, nedves környezetre valló ülledékeiben fordulnak elő. A másik ősormányos, a gumósfogú őselefánt-féle, a masztodon koponyája, agyarai és fogai laza szürke homokkőből kerültek napvilágra. Ez az állat a hosszú állkapcsú masztodonok alakkörébe tartozott, és innét írtuk le *Mastodon praetypica* néven. Valószínű, hogy ennek az állatnak a lábnyomai ismeretesek Ipolytarnócról, a szárazabb környezetből.

De más körülmény is amellett szól, hogy a *Mastodon* nagy, levesestányér nagyságú lábnyomai ezek, és nem a kapafogú őselefánttól erednek.

A homokkő és a rátelepült vulkáni tufa telve vannak növényi maradványokkal. *Moesné Rásky* Klára csaknem fél életet szentelt az ezrével gyűjtött levelek, ágak, termések és virágok meghatározásának, leírásának, tudományos feldolgozásának. Az ősmaradványok között volt az egyik legősibb zuzmó, amit Európa területéről a harmadkorból ismerünk. Több őspálmafaj *(Calamus, Sabal)*, ősfenyő, liliomfa, ciprusféle *(Libocedrus)*, babérfa, fahéjfa, ősi tölgy alkottak tűlevelűekből és lombos fákból álló erdőségeket. Nedves, meleg éghajlatot igénylő szubtrópusi növényzet ez, és nem a mocsárerdőségek növényvilága, ahol a kapafogú őselefánt élt.

Ezt az állattársaságot egészíti ki egy nagyobb és egy kisebbősszarvasfaj. Hosszú, karcsú végtagjaival, keskeny finom csülkeivel ez sem a süppedő, mocsaras, ingoványos talajú őserdőségek lakója. Néhány méter távolságra az orrszarvú-itatótól volt az ősszarvasok itatóhelye. Ezen a helyen a nedves homokot az állatok összevissza tapossták. A mai szarvasokéra emlékeztető paták nyoma százával borítja a néhány négyzetméteres területet. Nem sok ragadozó nyugtalaníthatta az erdőszéli itatóhelyet, mert a szarvasnyomok között egyetlen futó vagy elugró állat nyoma sem látható.

A terület északi része lejtős. A meredeken a nagytestű orrszarvúfélék ereszkedtek alá. Oszloplábuk meg-megcsúszott a nedves parton. Az ereszkedő alján jókora vizesgödör volt. Igazi ősvilági dagonyázóhely. Megkövült ez is mindenestől, szélein az orrszarvú, a *Mastodon*, az ősszarvas és egy sereg madár nyomával.

A föltárt terület egyes részein remekül megkövesedett ősi avar látható. Fenyőtűk és egymásra hullott levelek fedték a talajt. Alattuk mélyen benyomódott a sárba a nehéztestű *Mastodon* talpa. Itt egészen biztosan megállapítható, hogy a lábnyomok napokon át megmaradtak, azokat befödte a falevél, sőt a hirtelen kerekedett ritkás, nagyszemű zápor esőcseppjeinek a nyoma is megkövesedett az egykori talajon.

Bámulatos kép az, ami ebből a rövid analízisből elénk tárul. A trópusi ősvilági itatóhely a legfinomabb, legapróbb részletekig megmaradt. Egy helyütt a *Mastodon* ürüléke is megkövesedett (l. a XIX. tábla). Másutt az orrszarvú megcsúszott a nedves talajon, megint másutt kisebb nagyobb korhadt fadarabok hevertek a homokban. Ezeknek lenyomata vagy homokkal kitöltött kőmagja is megmaradt. Az egészet befedte egy vulkáni kitörés kiszórt finomszemű törmeléke, az úgynevezett vulkáni tufa. Belerakódott a nedves vagy száraz térszín mélyedéseibe, a lábnyomokba, befedte a növényi maradványokat, és megőrízte évmilliók során át a miocén időszaki „ősvilági strandot”.

TARTALOM

Első rész:

A FÖLDI ÉLET KELETKEZÉSE

Második rész:

A NÖVÉNYVILÁG KIALAKULÁSA

Harmadik rész:

A GERINCTELEN ÁLLATOK FEJLŐDÉSE

Negyedik rész:

A GERINCES ÁLLATOK FEJLŐDÉSE

Ötödik rész:

ÉLET ÉS HALÁL AZ ŐSVILÁGBAN

Kiadja a Gondolat, a TIT kiadója. Felelős kiadó a Gondolat Kiadó igazgatója. Felelős szerkesztő: Bíró Sándor. Műszaki vezető: Kálmán Emil. Műszaki szerkesztő: György Imre. A borító Gáll Gyula munkája. Megjelent 5500 példányban, 56,4 (A/5) ív + 24 oldal melléklet terjedelemben. Ez a könyv az MSz 5601—59 és 5602—55 szabványok szerint készült

GO 143—f—6466

64.0931 Athenaeum Nyomda, Budapest
Felelős vezető: Soproni Béla igazgató

32.—

54,— Ft